

**Requested
document:**

**[JP11073906 click here to view the pdf
document](#)**

PLOTTING DEVICE

Patent Number: JP11073906
Publication date: 1999-03-16
Inventor(s): ISHIBASHI MASAYOSHI; HEIKE SEIJI; HASHIZUME
TOMIHIRO; WADA YASUO; KAJIYAMA HIROSHI
Applicant(s): HITACHI LTD
Requested
Patent: ☐ [JP11073906](#)
Application
Number: JP19980159632 19980608
Priority Number
(s):
IPC
Classification: H01J37/30; G01N37/00; H01J37/305; H01L21/027
EC
Classification:
Equivalents: JP3643480B2

Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To easily manufacture a device capable of plotting at high speed by performing the position control of probes to a substrate only by the end part of a group of probes, and performing only the control of current to the other probes.

SOLUTION: Plotting is performed by applying a voltage corresponding to a drawing pattern given from a pattern input part 60 between probes 21c, 21d and a conductive layer 10 from a voltage applying part 7 under the control of a drive and emission control part 13, while a substrate is moved on XY plane by a moving stage 15. Thus, a current is carried to a resist layer 11 just under the probes 21c, 21d, and the resist molecule is reacted therewith to form a latent image within the resist layer 11. The applying voltage of the voltage applying part 7 is changed by the drive and an emission control part 13, so that the current detected as exposure (emitted current) by a current detecting part 6, or the corrected current of charge and discharge current by the probe-substrate electrostatic capacity is constant.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-73906

(43) 公開日 平成11年(1999) 3月16日

(51) Int.Cl.⁹

識別記号

F I

H 0 1 J 37/30

H 0 1 J 37/30

Z

G 0 1 N 37/00

C 0 1 N 37/00

F

H 0 1 J 37/305

H 0 1 J 37/305

B

H 0 1 L 21/027

H 0 1 L 21/30

5 4 1 Z

審査請求 未請求 請求項の数23 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願平10-159632

(22) 出願日 平成10年(1998) 6月8日

(31) 優先権主張番号 特願平9-151857

(32) 優先日 平9(1997) 6月10日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(31) 優先権主張番号 特願平9-166851

(32) 優先日 平9(1997) 6月24日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 石橋 雅義

埼玉県比企郡鳩山町赤沼2520番地 株式会

社日立製作所基礎研究所内

(72) 発明者 平家 誠嗣

埼玉県比企郡鳩山町赤沼2520番地 株式会

社日立製作所基礎研究所内

(72) 発明者 橋詰 富博

埼玉県比企郡鳩山町赤沼2520番地 株式会

社日立製作所基礎研究所内

(74) 代理人 弁理士 高橋 明夫 (外1名)

最終頁に続く

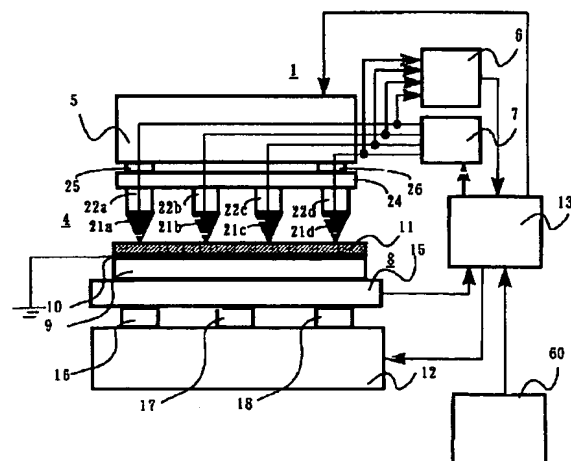
(54) 【発明の名称】 描画装置

(57) 【要約】

【課題】 解像度が高くかつ高速に描画できる描画装置を提供すること。

【解決手段】 集積化した探針を用い、探針と基板表面との距離の制御は端部の探針のみで行い、描画に使用する探針は探針に印加される電圧によるクーロン力によるカンチレバーの変形により追従させる。

図 1



【特許請求の範囲】

【請求項1】複数の探針、前記複数の探針のそれぞれを保持する複数のバネ部、前記複数の探針のバネ部を一括して保持するホルダー、該ホルダーを移動させて前記探針と被描画対象であるレジスト層で表面が覆われた基板とを相対的に近づけるための粗動機構、前記複数の探針の端部にある探針と基板との傾きを補正するための移動機構、前記基板と複数の探針とを相対的に基板面上でX-Y駆動するための駆動機構、前記各機構を制御するための制御装置、前記探針へ電流を供給する装置、前記探針へ供給される電流の検出手段、前記探針へ供給される電流の目標値と検出値とを一致させるための制御装置、前記各制御装置に対して描画のパターンに応じた目標値を与えるためのパターン入力装置を備える描画装置。

【請求項2】前記複数の探針が一行に所定の間隔で配列されたものであり、これらの両端部にある探針が基板との傾き補正および描画中の探針と基板との距離の制御をするために使用され、他の探針が描画に使用される請求項1記載の描画装置。

【請求項3】前記複数の探針がXY平面に所定の間隔で配列されたものであり、これらの三つの端部にある探針が基板との傾き補正および描画中の探針と基板との距離の制御をするために使用され、他の探針が描画に使用される請求項1の描画装置。

【請求項4】基板との傾き補正および描画中の探針と基板との距離の制御をするために使用される探針の変位が電流により検出されるものである請求項2の描画装置。

【請求項5】基板との傾き補正および描画中の探針と基板との距離の制御をするために使用される探針の変位が光てこ式原子間力顕微鏡により検出されるものである請求項2の描画装置。

【請求項6】基板との傾き補正および描画中の探針と基板との距離の制御をするために使用される探針の変位がカンチレバーの背面に配置された電極とカンチレバーとの間の容量変化により検出されるものである請求項2の描画装置。

【請求項7】基板との傾き補正および描画中の探針と基板との距離の制御をするために使用される探針の変位が電流により検出されるものである請求項3の描画装置。

【請求項8】基板との傾き補正および描画中の探針と基板との距離の制御をするために使用される探針の変位が光てこ式原子間力顕微鏡により検出されるものである請求項3の描画装置。

【請求項9】基板との傾き補正および描画中の探針と基板との距離の制御をするために使用される探針の変位がカンチレバーの背面に配置された電極とカンチレバーとの間の容量変化により検出されるものである請求項3の描画装置。

【請求項10】描画に使用される探針の電流が、潜像を作製する部分と作成しない部分とで異なった値とされる

請求項2の描画装置。

【請求項11】描画に使用される探針の電流が、潜像を作製する部分と作成しない部分とで異なった値とされる請求項3の描画装置。

【請求項12】一次元に配列された複数の探針、前記複数の探針のそれぞれを保持する複数のバネ部、前記複数の探針のバネ部を一括して保持するホルダー、該ホルダーを移動させて前記探針と被描画対象であるレジスト層で表面が覆われた基板とを相対的に近づけるための粗動機構、前記複数の探針の端部にある探針と基板との傾きを補正するための移動機構、前記基板を前記探針に対して回転駆動するための駆動機構、前記各機構を制御するための制御装置、前記探針へ電流を供給する装置、前記探針へ供給される電流の検出手段、前記探針へ供給される電流の目標値と検出値とを一致させるための制御装置、前記各制御装置に対して描画のパターンに応じた目標値を与えるためのパターン入力装置を備える描画装置。

【請求項13】前記複数の探針の両端部にある探針が基板との傾き補正および描画中の探針と基板との距離の制御をするために使用され、他の探針が描画に使用される請求項12の描画装置。

【請求項14】複数の探針、前記複数の探針のそれぞれを保持する複数のバネ部、前記複数の探針のバネ部を一括して保持するホルダー、該ホルダーを移動させて前記探針と被描画対象であるレジスト層で表面が覆われた基板とを相対的に近づけるための粗動機構、前記複数の探針の端部にある探針と基板との傾きを補正するための移動機構、前記基板と複数の探針とを相対的に基板面上でX-Y駆動するための駆動機構、前記各機構を制御するための制御装置、前記探針へ電流を供給する装置、前記探針へ供給される電流の検出手段、前記探針へ供給される電流の目標値と検出値とを一致させるための制御装置、前記各制御装置に対して描画のパターンに応じた目標値を与えるためのパターン入力装置を備える描画装置であって、前記探針が1枚の基板上に形成された複数個の静電アクチュエータを備える電気-機械変換装置の可動部の先端に形成され、該アクチュエータは二つのアクチュエータの一つが他の一つのアクチュエータの可動電極に固定電極が連携して形成されたカスケード構造であるとともに、かつ、該二つのアクチュエータの内の一つは、直交する2軸の方向へ可動電極を駆動できるものである描画装置。

【請求項15】前記複数の探針が一行に所定の間隔で配列されたものであり、これらの両端部にある探針が基板との傾き補正および描画中の探針と基板との距離の制御をするために使用され、他の探針が描画に使用される請求項14の描画装置。

【請求項16】前記複数の探針がXY平面に所定の間隔で配列されたものであり、これらの三つの端部にある探

針が基板との傾き補正および描画中の探針と基板との距離の制御をするために使用され、他の探針が描画に使用される請求項14の描画装置。

【請求項17】基板との傾き補正および描画中の探針と基板との距離の制御をするために使用される探針の変位が電流により検出されるものである請求項15の描画装置。

【請求項18】基板との傾き補正および描画中の探針と基板との距離の制御をするために使用される探針の変位が電流により検出されるものである請求項16の描画装置。

【請求項19】描画に使用される探針の電流が、潜像を作製する部分と作成しない部分とで異なった値とされる請求項14の描画装置。

【請求項20】描画に使用される探針の電流が、潜像を作製する部分と作成しない部分とで異なった値とされる請求項15の描画装置。

【請求項21】複数の探針、前記複数の探針のそれぞれを保持する複数のバネ部、前記複数の探針のバネ部を一括して保持するホルダー、該ホルダーを移動させて前記探針と被描画対象であるレジスト層で表面が覆われた基板とを相対的に近づけるための粗動機構、前記ホルダーと被描画対象であるレジスト層で表面が覆われた基板との間に挟まれた形で両者の相対位置を保持するためのスライダ、前記基板と複数の探針とを相対的に基板上でX-Y駆動するための駆動機構、前記各機構を制御するための制御装置、前記探針へ電流を供給する装置、前記探針へ供給される電流の検出手段、前記探針へ供給される電流の目標値と検出値とを一致させるための制御装置、前記各制御装置に対して描画のパターンに応じた目標値を与えるためのパターン入力装置を備える描画装置。

【請求項22】前記複数の探針が一行に所定の間隔で配列されたものであり、これらの探針のホルダーの両端部に設けられた電極と前記基板の導電体部分との間の静電容量が前記探針と前記基板との傾き補正および描画中の探針と基板との距離の制御をするために使用される請求項1の描画装置。

【請求項23】前記複数の探針がXY平面に所定の間隔で配列されたものであり、これらの探針のホルダーの三端部に設けられた電極と前記基板の導電体部分との間の静電容量が前記探針と前記基板との傾き補正および描画中の探針と基板との距離の制御をするために使用される請求項1の描画装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、走査プローブ顕微鏡を用いた微細加工技術において用いられる描画装置に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体電子素子の高集積化、記録メディアの高密度化に伴い、極微細加工技術が必要とされている。しかし、電子素子では光リソグラフィーで使用する光の波長やレンズ材料により最小加工寸法が100nm程度に限られ、また、記録メディアではレーザー原稿の記録装置において解像度マージンの減少が予想されている。近年、これに代わる技術として、例えば、S. C. Minne et al., Fabrication of 0.1 μm metal oxide semiconductor field-effect transistor Appl. Phys. Lett. 66(6) 6 February 1995 pp.703-705、あるいはHyongsok T. Soh et al., Fabrication of 100nm pMOSFETs with Hybrid AFM/STM Lithography (1997 SYMPOSIUM ON VLSI TECHNOLOGY)に示されるような、走査プローブ顕微鏡を用いた微細加工技術が注目されている。これは一般に探針と基板間に電圧を印加して加工を行う方法で、解像度が高く、原理的には原子レベルの加工も可能である。

【0003】さらに、米国特許5,666,190に開示されているように、複数のカンチレバーを備えたリソグラフィシステムも提案されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】走査プローブ顕微鏡を描画装置に用いる場合には、上記USP 5,666,190あるいは本件出願の親出願で提案したような集積化微細装置のように、複数の探針を同時に使用して走査スピードをあげることが有用である。しかし、一方では、この方法の場合、それぞれの探針に対し照射線量と基板-探針間の距離の2つを制御する必要がある、それらの駆動装置が必要となるだけでなく、それらすべてを統括的に制御する制御系も必要で、複雑な装置となっていた。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明は、描画の際、探針から基板に電流を照射するために印加する電圧により、各探針あるいは探針を保持するカンチレバーに働くクーロン力が、各探針を基板表面側に引き付けあるいはカンチレバーを変形させて各探針を基板表面に接触させるに十分な大きさを持つことに着目したものである。すなわち、描画の初期に、探針のグループに対して、基板に電流を照射することができる基板-探針間の距離を決めるためのラフな位置制御をおこなう。この場合、探針のグループの端部が適当な基板-探針間の距離を持つようにすればよい。そうすれば、すべての探針が探針のグループの製作に伴うあるばらつきの範囲で適当な基板-探針間の距離を持つことができる。一旦描画が開始された後は、この初期に位置決めされた状態が維持されるように、前記探針のグループの端部の基板-探針間の距離の監視と制御を行う。

【0006】換言すれば、本発明では、探針のグループの端部が描画開始時の適当な基板-探針間の距離を持つように維持されながら描画を行う。そうすると、各探針

は基板に照射する電流によってクーロン力を受け、自ずと基板表面の微細な変形には追従して変位する。したがって、描画中は、個々の探針についての基板-探針間の距離制御は行わないというものである。もちろん、探針から基板に照射する電流は、探針毎に独立して制御することは当然である。

【0007】

【発明の実施の形態】

実施例1

本実施例では平板基板の平面方向に基板を移動して描画する場合の描画装置の実施例を図1と図2を用いて説明する。

【0008】図1は本発明の描画装置の第1の実施例構成概念を示すブロック図である。微細描画ヘッド部1は微細描画部4と傾き補正部5とから構成される。微細描画部4はカンチレバーとしての導電性のバネ部22a、22b、22c、22dとそれに接続された導電性の探針21a、21b、21c、21dおよびこれらを一括して保持するホルダー24とで構成される。ホルダー24はピエゾ素子25および26を介して傾き補正部5に結合される。補正部5は、ピエゾ素子25、26が結合される面の反対側が図示しない描画装置本体に保持される。また、補正部5は、後述する駆動及び照射制御部13から与えられる傾き補正信号に応じて、ピエゾ素子25、26のそれぞれに対して電圧を与え、両端部の探針21a、21dを結ぶ線が描画される基板8のレジスト層11の面に平行になるようにホルダ24の傾きを補正する。電圧印加部7は駆動及び照射制御部13から与えられる制御信号に応じて探針21a-21dに加える電圧を制御する。この場合、両端部の探針21a、21dを使用して傾きを補正する場合および探針21bおよび21cを使用して描画を行う場合とでは、それぞれに適した電圧となるように制御される。電流検出部6は探針からレジスト層11に照射される電流を検出するとともに、その検出出力を駆動及び照射制御部13にフィードバックする。駆動及び照射制御部13では、傾き補正の場合には、両端部の探針21a、21dに適当な電圧を与えておき、それぞれの電流が等しくなるように、ピエゾ素子25、26のそれぞれに対して与える電圧を制御する。描画の場合には、パターン入力部60から与えられる描画パターン対応の制御信号に応じた電流になるように、探針21bおよび21cに電圧印加部7に加える電圧を制御する。ここで、レジスト層11に流れる電流についてみると、レジスト層11の絶縁性が高いときは電界放射電流であり、導電性があるときには、いわゆる電流である。本発明では、両者を区別しないで、これを電流ということにする。

【0009】駆動及び照射制御部13は、パターン入力部60から与えられる制御信号に応じて、移動部12に移動信号を与える。移動部12は、一面が図示しない描

画装置本体に保持され、それと異なった面に前記移動信号に応じて移動ステージ15をX、Y、Z方向に移動させる駆動機構16、17および18を備える。この図では、駆動機構をX、Y、Zの3軸駆動という意味でブロック16、17および18で示したに止めたが、これは、例えば、ステッパ等任意の機構で使用されている構成のものが採用できる。移動ステージ15の変位は、例えば、レーザ干渉計等の高分解能の計測装置を用いて測定し、駆動及び照射制御部13にフィードバックし精密に制御する。基板8は移動ステージ15に取り付けられている。

【0010】移動部12は、描画に先行して、駆動及び照射制御部13から与えられる近接信号に応じて、Z軸駆動機構18によって探針21a-21dが描画される基板8のレジスト層11の面に対して所定の位置になるまで、移動ステージ15を移動させ、基板8のレジスト層11と探針21a-21dを接近させる。この際、探針21a-21dに適当な電圧を与えておき、いずれかの探針の検出電流が所定の値に達したとき、近接は停止される。

【0011】傾き補正がなされた後、移動ステージ15をX軸駆動機構16、Y軸駆動機構17によって、X-Y面で移動させ、基板8のレジスト層11にパターンを描く。パターンを描いている間、両端部の探針21a、21dを使用して、電流の大きさを監視してレジスト層11と探針間の距離が適切な値を維持するように、移動部12はZ軸方向の位置制御を継続するように駆動及び照射制御部13によって制御される。

【0012】基板8はガラス製の基板9、クロムを20nmから100nm蒸着した導電層10、約10nmから100nmの厚さのレジスト層11（例えば、ポリ（ビニルフェノール）とアジドの混合レジストであるネガ型レジスト（日立化成工業株式会社製RD2100N）を塗布した層）から成る。レジスト層11に使用するレジストはノボラック系フェノール樹脂と感光剤の混合レジスト、化学増幅系レジスト、ポリメタクリル酸メチルでもよい。基板9は例えばシリコン、ドーパしたシリコンなど加工したい任意の材料を使用することができる。基板9にドーパしたシリコンを使用する場合は基板9自身が導電性のため導電層10は省略しても良い。導電層10は電気的に接地し、探針に加えられる電圧によりレジスト層11に電流が流れるようにする。導電性の基板9の場合は基板9を直接接地すれば良い。

【0013】図2(a)は図1の描画装置のカンチレバーおよびその保持部を示す斜視図、図2(b)はカンチレバーの腹面側から見た平面図である。探針21a-22dはカンチレバーとしてのバネ部22a-22dの先端部に備えられ、バネ部22a-22dの一面には導電性の膜23a-23dが形成される。これらの導電膜は、図示しないコネクタを介して電圧印加部7および電流検

出部6に接続される。探針21a-22dおよびバネ部22a-22dはホルダ24に保持されるが、これらは、例えば、微細加工技術を用いてシリコン単結晶で、一体化されて作成される。これらは、また、酸化シリコン、窒化シリコンでも良い。ホルダ24のカンチレバーを設けていない面には、傾き補正およびアプローチのための移動を行うピエゾ素子25、26が設けられる。探針21の先端の曲率半径は10nmから100nm、バネ部22のバネ定数は0.05N/mから5N/m、共振周波数は10kHzから50kHzであることが適当である。これらのパラメータについてはさらに詳しいデータを後述する。

【0014】各探針21a-21dの基板8に対向する先端位置は、工作の精度にもよるが、50nm以下のばらつきの範囲に収めることが出来、実質的に同一線上にあるといえる。導電膜23は蒸着により作成した厚さ10nmから50nmのチタン薄膜で、これはチタンのほか、タングステン、モリブデン、炭化チタン、炭化タングステン、炭化モリブデン、導電性ダイヤモンドを用いても良い。

【0015】次に、図1、図2に示した描画装置を用いた描画の手順について、まとめて、説明する。描画は、第1段階として基板8の探針へのアプローチ、第2段階として探針の傾き補正、そして最後に描画の手順となる。

【0016】先にも述べたように、まず、基板8を移動ステージ12に取り付けた後、電圧印加部7で探針21a-21dに適当な電圧を印加し、これらの電流を電流検出部6で検出し、いずれかの探針の電流が所定の値となるまで、駆動及び照射制御部13の制御のもとで移動ステージ12をZ軸方向に移動させて、基板8を探針に接近させる。この際、電圧印加部7で両端部の探針21aおよび21dと基板8との間に印加する電圧Vを変化させ、そのとき流れる電流Iを電流検出部6で検出し、 $I/(dV/dt)$ によりその静電容量を算出して探針と基板との距離を見積もるものとしても良い。

【0017】ついで、両端部の両探針21a、21dの電流の差が無くなるように、駆動及び照射制御部13から傾き補正部5に信号を与え、ピエゾ素子25および26を制御して、これらの探針を結ぶ線と基板8平面との間の傾きをなくする制御を行う。あるいは、静電容量を算出して距離から傾きを見積もり、駆動及び照射制御部13から傾き補正部5に信号を与え、ピエゾ素子25および26を制御して、傾きを補正するものとしても良い。

【0018】各探針21a-21dと基板8との距離があらかじめ設定した値以下となり、傾きの補正が終わった後から描画の過程に移ることになる。この段階での各探針21a-21dと基板8との距離の設定値は10nmから1μmが適当である。

【0019】つぎに描画について説明する。描画は基板8を移動ステージ12でXY平面を移動させながら、探針21c、21dと導電層10との間にパターン入力部60から与えられる描画パターンに対応した電圧を駆動及び照射制御部13の制御の下で電圧印加部7から印加することにより行う。これにより、探針21c、21d直下のレジスト層11に電流が流れ、レジスト分子が反応してレジスト層11内に潜像が作製される。電圧印加部7の印加電圧を駆動及び照射制御部13により変化させて、照射線量(照射電流)として、電流検出部6で検出した電流、あるいは探針-基板間の静電容量による充放電電流を補正した電流が一定となるようにする。これは、いろんな形で制御できるが、具体例を列挙すると以下のようである。

【0020】(1)電流Iを制御する場合は、(数1)で表される電圧値を出力する。

【0021】

【数1】

$$V(t) = G_i \int_0^t (I_s - I(t)) dt \quad (1)$$

【0022】ここで、 G_i は、フィードバックゲイン、 I_s は設定電流である。

【0023】(2)電力 $P = IV$ を制御する場合は、(数2)で表される電圧値を出力する。

【0024】

【数2】

$$V(t) = G_p \int_0^t (P_s - I(t)V(t)) dt \quad (2)$$

【0025】ここで、 G_p はフィードバックゲイン、 P_s は設定電力である。

【0026】(3)探針21a-21d及びばね部22a-22dと基板9との間に存在する静電容量Cを考慮するときは、電圧Vが変化すると、(数3)で表される充放電電流が流れる。

【0027】

【数3】

$$I_c(t) = C \frac{dV}{dt} \quad (3)$$

【0028】から、これを考慮すると、(数1)で表される電流制御時の出力電圧は、

【0029】

【数4】

$$V(t) = G_i \int_0^t \left\{ I_s - \left(I(t) - C \frac{dV}{dt} \right) \right\} dt \quad (4)$$

【0030】となる。

【0031】また、(数2)で表される電力制御時の出力電圧は、

【0032】

【数5】

$$V(t) = G_p \int_0^t \left\{ P_s - \left(I(t) - C \frac{dV}{dt} \right) V(t) \right\} dt \quad (5)$$

【0033】となる。

【0034】(4)さらに、電流検出部6及び駆動及び照射制御部13が構成する帰還制御系は時定数 τ を持っており、高周波成分は除去される。充放電電流 I_c に対してもこれがフィルタとして働き、 I_c の影響を正確に除去するためには、時定数 τ を考慮して、(数4)は

$$V(t) = G_p \int_0^t \left\{ P_s - \left(I(t) - \frac{C}{\tau} \int_0^t \frac{dV}{dt'} e^{-\frac{t-t'}{\tau}} dt' \right) V(t) \right\} dt \quad (7)$$

【0038】となる。

【0039】本実施例では、100nmの厚さの前記レジストRD2100Nをコートした基板8を0.1mm/sで移動させ、探針21c、21dと導電層10との間に印加する電圧が-85V付近で電流が100pAになるように、すなわち照射線量が10nC/cmとなるようにした。

【0040】レジスト層11に潜像作成中は、探針21b、21cは潜像を作成するために印加した電圧によって各探針21b、21c-導電層10間に働くクーロン力を受ける。このクーロン力により、各バネ部22b、22cが変形し、各探針はレジスト層11に接触している。潜像は作成しようとするパターンに応じて形成しない部分もある。潜像を形成しない部分では電流が必要ないから、この位置では探針に電圧を印加する必要はない。しかし、電圧を0Vにすると探針に作用していたクーロン力が無くなるから、各バネ部22b、22cの変形がなくなり、レジスト層11表面から離れてしまう。そうすると、潜像を形成すべき位置で再び電圧を印加した際、探針にクーロン力が突然作用して各バネ部22b、22cが急に変形することになり、そのため探針がレジスト層11に激しくぶつかり探針が破損する可能性が高くなる。そのため、潜像を作製しない部分を描画する際は、潜像が形成されないほどの小さい電流が流れるように電圧を制御するのがよい。本実施例では印加電圧を-70V以下にすると電流は1pA以下になり潜像は形成されなかった。一方、両端部の探針による位置監視の電流は、この程度以下で行うのが当然であるが、各バネ部22a、22dがクーロン力による変形を出来るだけ受けないように、より小さい電流を流すにすぎない電圧とするのが良いわけである。

【0041】本発明によって描画された潜像を現像することについて簡単に説明しておく以下のようなものである。

【0042】0.83%の水酸化テトラメチルアンモニウム溶液に1分間浸漬することにより現像する。その結果、レジスト層11にネガ型のレジストを使用した場合は潜像を作製したレジストだけ溶解せずに残り、線幅100nmの凸型の線レジストパターンを作製することが

【0035】

【数6】

$$V(t) = G_i \int_0^t \left\{ I_s - \left(I(t) - \frac{C}{\tau} \int_0^t \frac{dV}{dt'} e^{-\frac{t-t'}{\tau}} dt' \right) \right\} dt \quad (6)$$

【0036】となり、(数5)は、

【0037】

【数7】

できる。レジスト層11にポジ型のレジストを使用した場合は潜像を作製したレジストだけ溶解して、線幅100nmの凹型の線レジストパターンを作製することができた。図6は本発明の実施例におけるパターン幅と照射線量の関係を示し、パターン幅が照射線量に依存するため、照射線量を調節することにより100nm以上の任意のパターン幅を作製することができることを示す。

【0043】本発明では、描画は、第1段階として基板8の探針へのアプローチ、第2段階として探針の傾き補正、そして最後に描画の手順となる。そして、多くの探針の内、端部にある探針を位置決めおよび描画中の位置の監視に使用し、他の探針を描画に使用することにより、描画に使用する探針は単に電流制御のみを行えば良い。しかも、本発明は、潜像を形成するときは探針がクーロン力により変形することにより、厳密な位置制御をしなくても電流制御のみで描画が出来ることに着目した点において有用な手法を提供することが出来た。前記実施例の説明では、探針は4つだけで少ないが、これが多くなればなるほど、本発明のメリットは大きくなる。なお、上述の実施例では、基板8と探針のアプローチは基板8をZ軸方向に動かすものとしたが、探針を保持しているホルダー24のピエゾ素子25、26をこのアプローチのために使用することも出来る。

【0044】実施例II

図3(a)は本発明の描画装置のカンチレバーおよびその保持部の他の実施例を示すカンチレバーの腹面側から見た平面図、図3(b)はその側面図である。図3(a)および図3(b)を図2(a)および図2(b)と対比して分かるように、31a、31b---31k---31n、32a---32m---3jmの多数のばね部を持つ探針部30とした例である。これらのばね部はそれぞれ、ホルダー34a、34b、34cおよび34dに保持されており、それぞれのホルダーは共通ホルダー35によって保持される。各探針の導電線が33で代表して示されるが、これらは、図示しないコネクタで導出されて、必要な接続が行われるものとされる。共通ホルダー35の背面には、図3(b)に示すように、図2(a)で示すピエゾ素子25、26に対応するピエゾ素子36a-36cが

設けられる。図では、ピエゾ素子36aは見えていない。ピエゾ素子36a、36bは探針31a、31nを使って図のX方向の傾き制御に使用され、ピエゾ素子36b、36cは探針31n、31mを使って図のY方向の傾き制御に使用される。

実施例 III

図4(a)は本発明に採用できる集積化した探針駆動装置群およびその保持部の実施例を示す斜視図、図4(b)はその単位の探針駆動装置の構造を示す断面図である。

【0045】図4(a)は、図4(b)に示す探針駆動装置420を多数XY二次元に配置して粗動機構410により保持して探針の位置を制御できるようにした実施例の構成を示す概念図である。図3(a)、(b)の各探針および各ばね部に対応する多数の探針駆動装置420がXY二次元に配置されている。そして図3(a)、(b)の共通ホルダー35およびピエゾ素子36a-36cに対応する粗動機構410により探針駆動装置420の群を保持して探針の位置を制御できるようにした構成を示す。

【0046】このようにすれば、粗動機構410によってアプローチおよび傾き補正のみならず、描画のためのXY二次元駆動も可能となる。勿論、前述の実施例のように、それぞれの機能を分割して負担させて良いのは当然である。

【0047】本実施例における粗動機構410の構成については詳細な説明を省略するが、図4(b)に示す探針駆動装置420の作成と同様に微細加工による工夫、さらにはピエゾ素子との組み合わせを工夫すれば、容易に作成することが出来る。逆に、図2(a)に示したような単なるホルダーとピエゾ素子との組み合わせとしても良い。

【0048】以下、探針駆動装置420の例を図4(b)によって説明する。図4(b)は探針駆動装置420の構造の一例を開示するブロック図である。この実施例では、第一の集積化静電アクチュエータ2100と、第二の集積化静電アクチュエータ2500がカスケードに接続されたものとされている。すなわち、第一のアクチュエータ2100の可動電極210に第二のアクチュエータ2500の固定電極270が接続され、第二のアクチュエータ2500の可動電極250の延伸部先端に探針220が備えられる。また、本実施例の第一の集積化静電アクチュエータは、一つのアクチュエータで、X方向、Y方向の駆動ができるものとされる。したがって、第一のアクチュエータ2100によりX方向、およびY方向、第二のアクチュエータ2500によりZ方向のそれぞれの動きを制御するものである。

【0049】基部230の先端部にアクチュエータ2100の固定電極211が形成され、やはり基部230の先端部には板バネ241とこれを連結する連結部242よりなるバネ240が形成される。バネ240の連結部

242にはアクチュエータ2100の可動電極210が結合される。アクチュエータ2100の固定電極211の他端部は基部端部232に連結され、ここに板バネ241'とこれを連結する連結部242'よりなるバネ240'が形成される。バネ240'の連結部にはアクチュエータ2100の可動電極210が結合されるとともにZ駆動軸部270が連結される。アクチュエータ2100の固定電極211と可動電極210との間に作用する駆動力は、それぞれ、ばね240、240'をたわませるので、Z駆動軸部270はアクチュエータ2100による駆動力に応じたX方向(紙面と平行で左右方向)、Y方向(紙面と垂直)の位置を取る。

【0050】Z駆動軸部270を、上述の基部230とする形でZ駆動軸部270の先端部に集積化静電アクチュエータ2500を形成する。すなわち、Z駆動軸部270と一体構成の枠部270'に支持された固定電極251が形成され、同じく枠部270'を固定部分とする板バネ261とこれを連結する連結部262よりなるバネ260および板バネ261'とこれを連結する連結部262'よりなるバネ260'が形成される。バネ260の連結部263およびバネ260'の連結部263'には先端に探針220が取り付けられる探針支持部280が結合されるとともに、探針支持部280にアクチュエータ2500の可動電極250が結合される。アクチュエータ2500の固定電極251と可動電極250との間に作用する駆動力は、それぞれ、ばね260、260'をたわませるので、探針支持部280はZ方向(紙面と平行で上下方向)の位置を取る。本実施例では、Z駆動軸部270がアクチュエータ2100によりX方向、Y方向の制御をなされ、この状態で、探針がZ方向の制御をなされる。

【0051】図の実施例では、図の表示を簡略化するため、各電極への配線および探針に印加するべき電圧の配線、さらには、絶縁の要否についての説明を省略したが、これらについては、必要に応じて任意の構成で実現出来ることであるので、これ以上の説明は省略する。

【0052】この図4(b)の実施例では、この構造を、1枚の基板を基礎として半導体微細加工技術により一次元に並列して配置して集積化することが出来、しかも基部230および基部端部232は、基礎となる1枚の基板上に直接付いていて良く、その他の部分が半導体微細加工技術により処理され基板から離された形で集積化静電アクチュエータを持つ集積化探針駆動装置を構成できることになる。したがって、1チップ上に、一次元に並列して配置した集積化探針駆動装置とすることが極めて容易である。

【0053】本実施例の1チップ上に一次元に並列して配置した集積化探針駆動装置の構造を、複数枚積層して、二次元に配置した集積化探針駆動装置を構成することも容易である。

【0054】本発明では、多数の探針駆動装置420は、全体としてのアプローチ、傾き補正および描画中の位置制御が行われれば足りるから、多数の探針駆動装置の個々の探針220の位置を制御することは、本質的に必要ではない。しかし、これが出来ることは、部分的な描画の修正等を考えれば、有用である。

【0055】実施例 IV

次に、基板を回転させて描画するための描画装置とした実施例を図5を参照して説明する。本実施例は、図1に示した実施例の描画装置と本質的に変わるところはないが、基板8を回転させるものとし、これに応じて、微細描画ヘッド部1を基板8の片側に寄せて配置したものである。両実施例で共通するものは同じ参照符号で示した。図1に示した実施例の移動部12は回転駆動部61に、移動ステージ15は回転ステージ65に、X、Y、Z方向に移動させる駆動機構16、17および18は回転軸66に、それぞれ置換される。駆動及び照射制御部13が、パターン入力部60から与えられる制御信号に応じて、回転駆動部61に回転信号を与える。この回転は回転軸66を介して回転ステージ65を回転させ、この回転に関する情報は駆動及び照射制御部13にフィードバックし精密に制御する。

【0056】本実施例でも、描画に先行して、近接操作が行われるが、この操作は駆動及び照射制御部13が回転駆動部61に与える信号に応じて、回転軸66を上方に移動(Z軸駆動)させる。探針21a-21dが描画される基板8のレジスト層11の面に対して所定の位置になるまで、回転ステージ65を移動させると近接は完了である。その後、傾き補正を行い、続いて、回転ステージ65を回転させるとともに基板8のレジスト層11にパターンを描く。パターンを描いている間、両端部の探針21a、21dを使用して、電流の大きさを監視してレジスト層11と探針間の距離が適切な値を維持するように、回転駆動部61はZ軸方向の位置制御を継続するように駆動及び照射制御部13によって制御される。さらに、この実施例では、図1に示した実施例に比し、描画中も回転による傾きを補正部5によって補正する操作が頻繁に必要になると思われるが、両端部の探針による位置監視により支障無く実行できる。

【0057】本実施例では、基板8に比し、微細描画ヘッド部1は相対的に小さいから、基板回転ステージ65で基板8を360度回転した後に現像すると、例えば、光ディスクの案内溝に使用できる真円状のレジストパターンが作製できる。また、一定照射線量を照射し続けながら微細描画ヘッド部1をある点を中心として回転中心方向に左右に移動させながら基板回転ステージ65で基板8を360度回転した後に現像すると波形のレジストパターンが円状に作製できる。あるいは、照射線量を、潜像が形成できる照射線量と潜像が形成できない照射線量を切り替えながら微細描画ヘッド部1を固定して基板回

転ステージ65で基板8を360度回転した後に現像した場合は光ディスクのデータ情報、アドレス情報に使用できるドットパターンが円状に作製できる。この動作をつづけ基板8全域にパターンを描画すると、探針を0.1mmピッチで並べ、トラックピッチを100nmとし、回転速度を毎時50回転で20時間で全領域にパターンを描画できる。

【0058】以上示した方法を組み合わせることにより光ディスクの原版を作製できる。さらに、ディスク全面に凹型ドットレジストパターンを作製し、導電層10を電極として電界メッキによりドットパターンの中に例えば鉄、コバルト、ニッケル、鉄-コバルト合金、コバルト-ニッケル合金、鉄-ニッケル合金などの磁性体を埋め込めば、磁性ドットを孤立化させた記録ビットとした超高密度磁気記録媒体を作製できる。

【0059】実施例 V

次に、図7は図2(a)に示すカンチレバーおよびその保持部の異なった実施例を示す斜視図である。

【0060】本実施例は、両端部のカンチレバー22aおよび22dの変位の検出を光てこ式の原子間力顕微鏡によるものとした例である。83、81は光源であり、84、82は受光装置である。光てこ式の原子間力顕微鏡は、探針21aおよび21dと基板8との間に電流を流す必要が無いから、探針21に電圧を加える必要が無い。したがって、ばね部が探針21aおよび21dに加える電圧によるクーロン力を受けて変形することがない。このため、両端部の探針による位置監視のために光てこ式の原子間力顕微鏡を使用するときは、安定した位置制御及び傾き制御が実現できることになる。

【0061】実施例 VI

図8(a)は図3(a)に示すカンチレバーおよびその保持部の変形の実施例を示すカンチレバーの腹面側から見た平面図、図8(b)はその側面図、図9はその背面図である。

【0062】本実施例では、図3(a)と図8(a)、図3(b)と図8(b)とを対比してよく分かるように、ホルダー34a-34dをカンチレバーの各列毎に34a'、34a'-34d'、34d'の二つに分割するとともにカンチレバーをホルダーに対して傾きを持たせ、この向きを同じものとした。さらに、図7の実施例と同様に、端部のカンチレバー31a、31nおよび3j mの変位の検出を光てこ式の原子間力顕微鏡によるものとした例である。91、93および95は光源であり、92、94および96は受光装置である。本実施例では、カンチレバーを同じ傾きの向きを持つものとしたから、基板8を移動させるとき、レジスト11の面が持つ凹凸に対して、カンチレバーのばね部が効果的に作用して探針の損傷する可能性を低減できる効果がある。また変位の検出を光てこ式の原子間力顕微鏡としたから、先の実施例と同様に、安定した位置制御及び傾き制

御が実現できる効果もある。なお、本実施例では、図9を参照して明らかなように、探針3j mの変位を検出するための光てこ式の原子間力顕微鏡の光の透過のためにホルダー35の一部はカットされて光が通るようにされなければならない。

【0063】実施例VII

図10(a)は図3(a)に示すカンチレバーおよびその保持部の変形の他の実施例を示すカンチレバーの腹面側から見た平面図、図10(b)はその側面図である。

【0064】本実施例では、図8(a)と図10(a)、図8(b)と図10(b)とを対比してよく分かるように、探針部30と基板8の近接および位置監視を端部のカンチレバー31a、31nおよび3j mの変位の光てこ式の原子間力顕微鏡による検出に代えて、ホルダー35のカンチレバー側の面の3個所に電極41、42および43を設けて、この電極と基板の導電体部分との間の容量検出により行うようにした例である。

【0065】本実施例では、基板が移動ステージ15にセットされた段階では、実質的に容量検出はできないが、近接が進んである程度接近すると容量検出は可能になるから、これを利用して近接を完了できる。また、描画中の位置監視もこれで行うことができる。

【0066】実施例VIII

図11(a)は図3(a)に示すカンチレバーおよびその保持部の変形の他の実施例を示すカンチレバーの腹面側から見た平面図、図11(b)はその側面図である。

【0067】本実施例では、図8(a)と図11(a)、図8(b)と図10(b)とを対比してよく分かるように、探針部30と基板8との位置関係を両者の間に介在させるスライダ51、52、53および54によって直接保持するものである。これらのスライダが基板8と弱い力で接触した状態を維持するために、ホルダー35の背面の四つの角に弱いばね装置55、56、57および58(57、58は図示しない)を設ける。

【0068】本実施例では、基板8が移動ステージ15にセットされた後、近接の段階で、弱い力でホルダー35を基板8に押し付ける。その後はその状態を維持するようにすれば、描画中の位置制御を特に行う必要はない。

【0069】実施例IX

図12(a)は図3(a)に示すカンチレバーおよびその保持部の変形の他の実施例を示すカンチレバーの腹面側から見た平面図である。図12(b)は、ばね部が形成されていない領域の位置a-a'で矢印方向に見た断面図、図12(c)は、ばね部が形成されている領域でばね部が在る位置b-b'で矢印方向に見た断面図および図12(d)は、ばね部が形成されている領域でばね部が無い位置c-c'で矢印方向に見た断面図である。

【0070】本実施例では、図3(a)および図3(b)で説明した多数のばね部31a、31b---31k---31n、32a---32m---3j mを共通ホルダー35に直接作り付けた探針部30とした例である。すなわち、これらのばね部は共通ホルダー35を削って薄くした領域に形成するとともに、各ばね部が独立するように切り欠きで区分されたものとされる。図12において31b、31iおよび31sはそれぞれ探針を、33は各探針の引き出し線を代表して示す。51~54は図11に示す実施例VIIIのスライダに、55~58(57、58は図示しない)は弱いばね装置にそれぞれ対応する。本実施例でも、実施例VIIIと同様、これらのスライダと弱いばね装置によって探針と基板8とが弱い力で接触した状態を維持する。

【0071】図12(c)と図12(d)と対照して明らかなように、ばね部が形成されている領域では共通ホルダー35は削られて薄板状態となっており、この領域においてばね部が無い位置では共通ホルダー35は切り欠かれている。したがって、十分なばね定数を有するばね部を形成することができ、探針に電流を流すと必要な変形は十分得られる。

【0072】また、本実施例でも、基板8が移動ステージ15にセットされた後、近接の段階で、弱い力でホルダー35を基板8に押し付ける。その後はその状態を維持するようにすれば、描画中の位置制御を特に行う必要がないことは実施例VIIIと同様である。

【0073】カンチレバーのパラメータの例

図13(a)はカンチレバーのクーロン力による変位を説明するためのカンチレバーのパラメータの例を示す平面図、図13(b)はその側面図である。この例に示すカンチレバーは、その幅がW、長さがL、厚さがtであり、探針の長さL'が10ないし15μm程度のものである。この例で図1の導電層10とカンチレバー22との間に構成される平行平板コンデンサーによってクーロン力をラフに計算した。

【0074】まず、平行平板コンデンサーの電極板間に作用する力Fは次(数8)で示される。ただし、ε₀は電極板間に存在する誘電体の誘電率、Sは電極板の面積、Vは電極板間の電圧、dは電極板間の距離である。

【0075】

【数8】

$$F = \epsilon_0 \frac{SV^2}{2d^2} \quad (8)$$

【0076】いま、カンチレバーをばね定数の異なるA-Cの三サンプルを用意したが、そのパラメータは次のようである。

【0077】

【表1】

表1

サンプル	幅 $W\mu\text{m}$	長さ $L\mu\text{m}$	厚さ $t\mu\text{m}$	ばね定数 CN/m
A	50	450	2.0	0.1
B	60	450	4.0	2.0
C	30	225	5.0	20.0

【0078】ここで、探針を保持しているカンチレバーの面積を S としてカンチレバーに作用するクーロン力について計算した結果を下表に示す。

【0079】
【表2】

表2

カンチレバーの面積 S	電極板間の距離 d	電極板間の電圧 V	クーロン力 F
$50\mu\text{m} \times 450\mu\text{m}$	$16\mu\text{m}$	40V	630nN

【0080】いま、上記クーロン力が630nNの例に着目して、上記サンプルの変形量を計算した結果は下表の通りである。

【0081】
【表3】

表3

サンプル	変形量 $n\text{m}$
A	6300
B	315
C	32

【0082】この例でも分かるように、電圧が40Vの場合ですら、このように大きな力と変形が生ずるから、上述した描画に際して-80Vを加える場合には、カンチレバーには大きな変形が生じ、描画のためのカンチレバーの位置制御は意味が無く、逆に、この変形が、レジスト層11の厚さの不均一性に対して、カンチレバーが安定に追従することになる。本発明の重要な着目点はここにあるのである。

【0083】つぎに、図14(a)はカンチレバーのクーロン力による変位を説明するためのカンチレバーの他のパラメータの例を示す平面図、図14(b)はその側面図である。この例に示すカンチレバーは二点支持の梁であり、いま、先端部の幅 W を $4\mu\text{m}$ 、厚さ t を $0.4\mu\text{m}$ 、長さ L が $200\mu\text{m}$ および $100\mu\text{m}$ 、ばね定数が 0.02 および 0.09 、探針の長さ L' が $6\mu\text{m}$ 程度の二例について計算した。この二例は先端部の構造および形状は同じであり、長さ L のみを異にする。この例で $L=100\mu\text{m}$ 、探針のカンチレバーの面での面積を $3100\mu\text{m}^2$ 、電極板間の距離 d を $6\mu\text{m}$ とし、加えた電圧を40Vとしたとき、クーロン力は 610nN であった。このカンチレバーはこの程度の力があれば、図13のカンチレバーと同様 6800nm 程度の変形を生ずる。したがって、このタイプのカンチレバーでも変形が十分に利用できるものとなる。

【0084】図4(a)、図4(b)に示した探針駆動装置

はこれらの例のように、カンチレバーが無く、平行平板コンデンサーを構成するものではないが、ばね261、261'が極めて柔らかいから、探針に作用するクーロン力が十分利用できる。

【0085】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、基板に対する探針の位置制御は探針のグループの端部でのみ行い、他の探針は電流の制御のみが行われれば良いから、高速に描画できる描画装置を容易に作成することができる。

【0086】また、近接および傾きの制御は、厳密なものである必要はないから、最も簡単な構造としては、図10、図11あるいは図12に示す程度の構造で良い。また、図示は省略するが、カンチレバーの背面に電極を配置して両者の間の容量変化によりカンチレバーの変位を検出するタイプのものとすることも出来る。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の描画装置の実施例構成概念を示すブロック図。

【図2】(a)は図1の描画装置のカンチレバーおよびその保持部を示す斜視図、(b)はカンチレバーの腹面側から見た平面図。

【図3】(a)は本発明の描画装置のカンチレバーおよびその保持部の他の実施例を示すカンチレバーの腹面側から見た平面図、(b)はその側面図。

【図4】(a)は本発明に採用できる集積化した探針駆動装置群およびその保持部の実施例を示す斜視図、(b)はその単位の探針駆動装置の構造を示す断面図。

【図5】本発明の描画装置の他の実施例構成概念を示すブロック図。

【図6】本発明の描画装置において探針から照射した電流の照射線量と基板の線幅との関係の一例を示す図。

【図7】図2(a)に示すカンチレバーおよびその保持部の異なった実施例を示す斜視図。

【図8】(a)は図3(a)に示すカンチレバーおよびその保持部の変形の実施例を示すカンチレバーの腹面側か

ら見た平面図、(b)はその側面図。

【図9】図8に示すカンチレバーおよびその保持部の実施例の背面図。

【図10】(a)は図3(a)に示すカンチレバーおよびその保持部の他の変形の実施例を示すカンチレバーの腹面側から見た平面図、(b)はその側面図。

【図11】(a)は図3(a)に示すカンチレバーおよびその保持部の他の変形の実施例を示すカンチレバーの腹面側から見た平面図、(b)はその側面図。

【図12】(a)は図3(a)に示すカンチレバーおよびその保持部の他の変形の実施例を示すカンチレバーの腹面側から見た平面図、(b)は、ばね部が形成されていない領域の位置a-a'で矢印方向に見た断面図、

(c)は、ばね部が形成されている領域でばね部が在る位置b-b'で矢印方向に見た断面図および(d)は、ばね部が形成されている領域でばね部が無い位置c-c'で矢印方向に見た断面図。

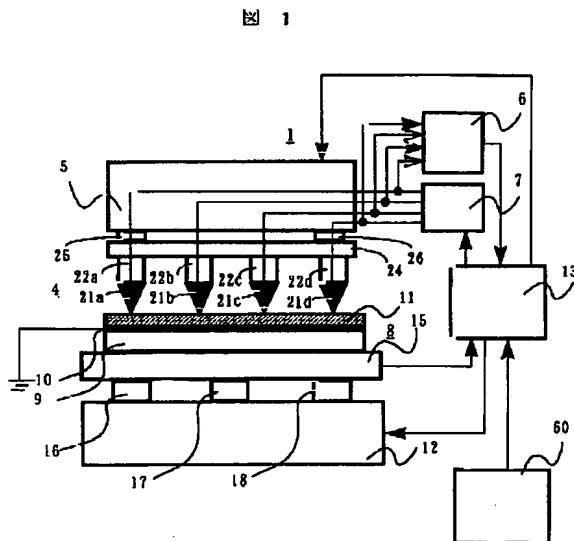
【図13】(a)はカンチレバーのクーロン力による変位を説明するためのカンチレバーのパラメータの例を示す平面図、(b)はその側面図。

【図14】(a)はカンチレバーのクーロン力による変位を説明するためのカンチレバーの他のパラメータの例を示す平面図、(b)はその側面図。

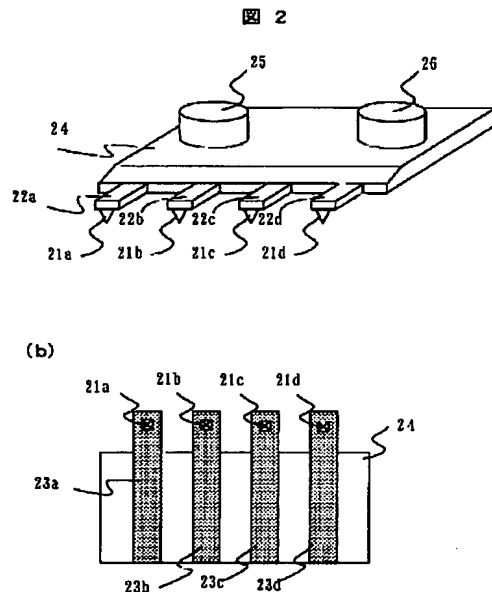
【符号の説明】

1…微細描画ヘッド部、4…微細描画部、5…傾き補正部、6…電流検出部、7…電圧印加部、8…基板、9…ガラス製の基板、10…導電層10、11…レジスト層、12…移動部、13…駆動及び照射制御部、15…移動ステージ15、16…X軸駆動機構、17…Y軸駆動機構、18…Z軸駆動機構、21a、21b、21c、21d…導電性の探針、22a、22b、22c、22d…導電性のバネ部、23a-23d…導電性の膜、24…ホルダー、25、26…ピエゾ素子、30…微細描画部、31a、31b-31k-31n、32a-32m-32j-32m…ばね部、33…探針の導電線、34a、34b、34cおよび34d…ホルダー、35…共通ホルダー、36a-36c…ピエゾ素子、41、42および43…電極、51、52、53および54…スライダ、55、56、57および58…弱いばね装置、60…パターン入力部、61…回転駆動部、65…回転ステージ、66…回転軸、83、81…光源、82、84…受光装置、91、93および95…光源、92、94および96…受光装置、220…探針、410…粗動機構、420…探針駆動装置、2100…第一の集積化静電アクチュエータ、2500…第二の集積化静電アクチュエータ。

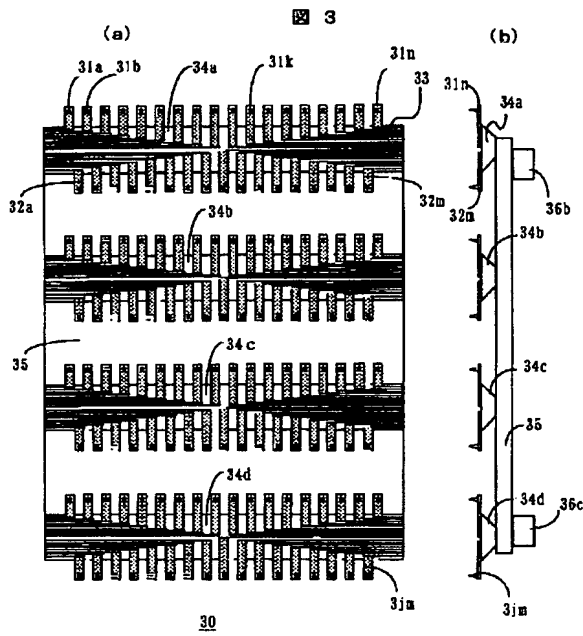
【図1】



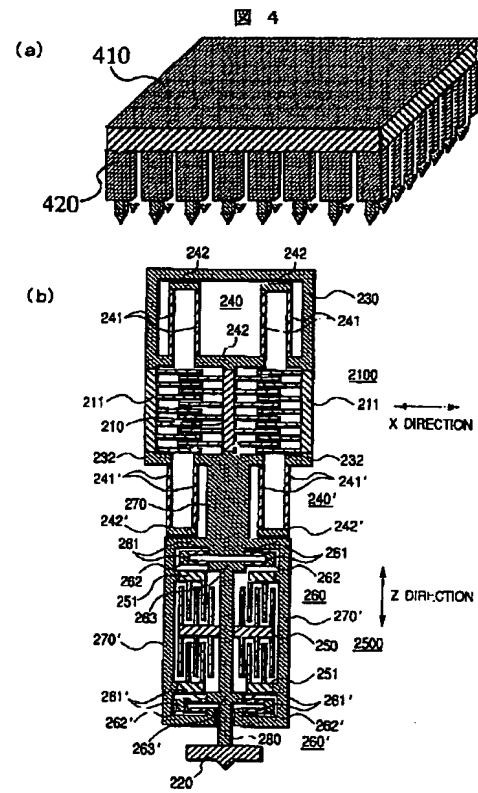
【図2】



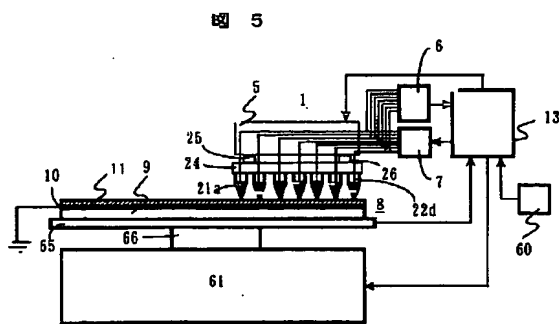
【図3】



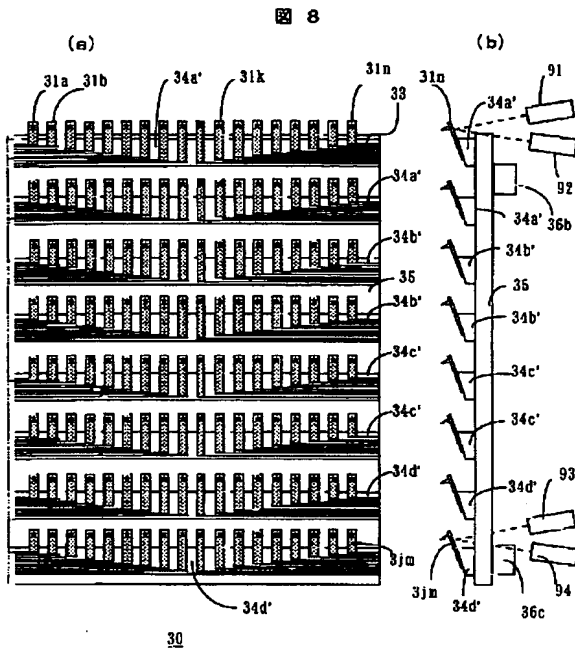
【図4】



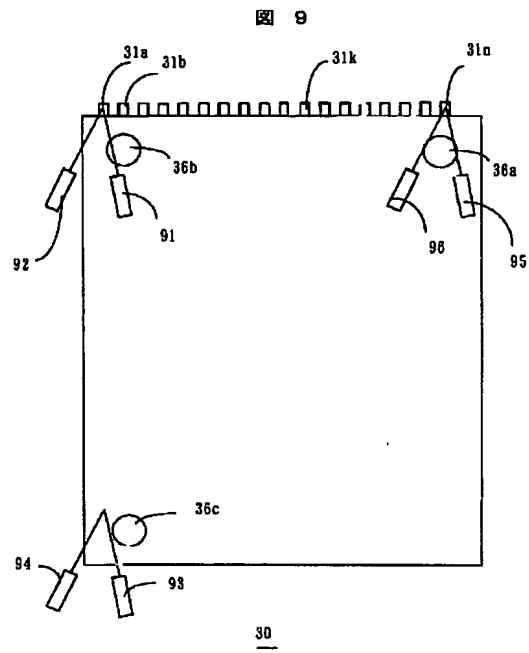
【図5】



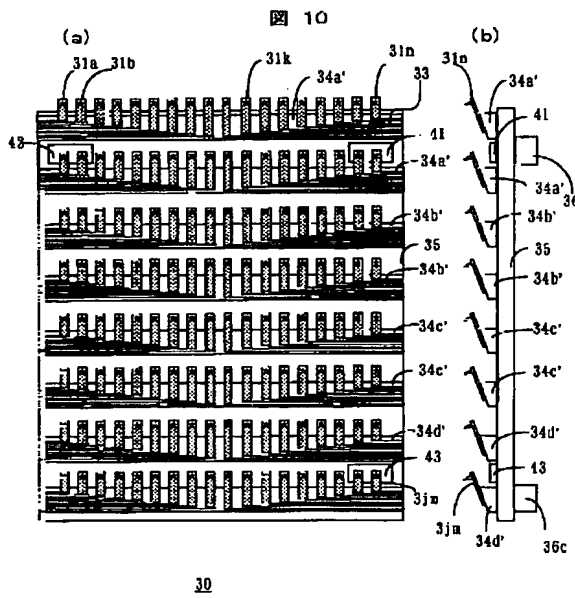
【図8】



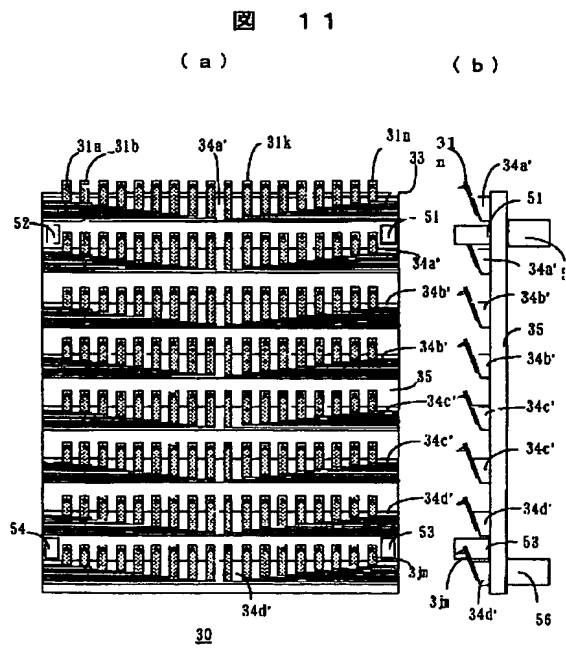
【図9】



【図10】

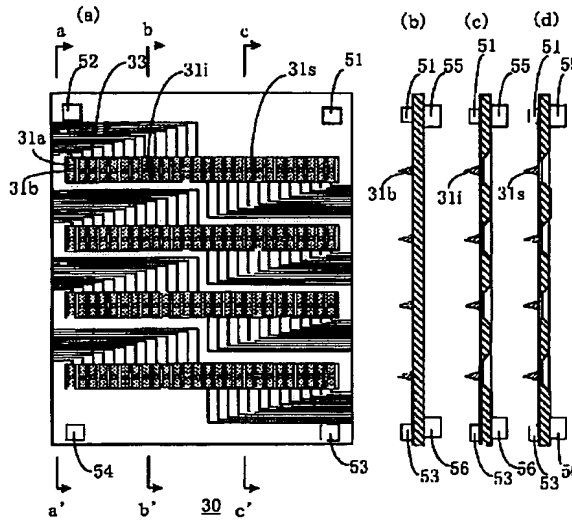


【図11】



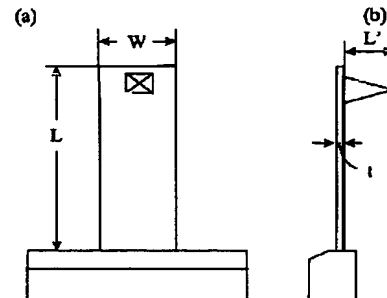
【図12】

図 12



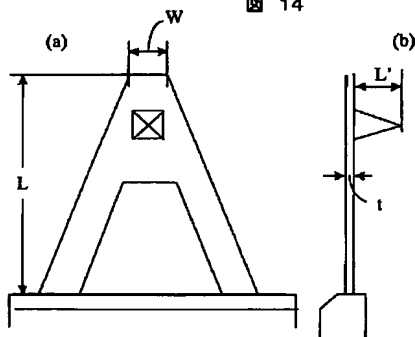
【図13】

図 13



【図14】

図 14



フロントページの続き

(72)発明者 和田 恭雄
埼玉県比企郡鳩山町赤沼2520番地 株式会
社日立製作所基礎研究所内

(72)発明者 梶山 博司
埼玉県比企郡鳩山町赤沼2520番地 株式会
社日立製作所基礎研究所内

Machine translation JP11073906

- (19) **Publication country** Japan Patent Office (JP)
(12) **Kind of official gazette** Open patent official report (A)
(11) **Publication No.** JP,11-73906,A
(43) **Date of Publication** March 16, Heisei 11 (1999)
(54) **Title of the Invention** Drawing equipment
(51) **International Patent Classification (6th Edition)**

H01J 37/30
G01N 37/00
H01J 37/305
H01L 21/027

FI

H01J 37/30 Z
G01N 37/00 F
H01J 37/305 B
H01L 21/30 541 Z

Request for Examination Un-asking.

The number of claims 23

Mode of Application OL

Number of Pages 14

- (21) **Application number** Japanese Patent Application No. 10-159632
(22) **Filing date** June 8, Heisei 10 (1998)
(31) **Application number of the priority** Japanese Patent Application No. 9-151857
(32) **Priority date** Taira 9 (1997) June 10
(33) **Country Declaring Priority** Japan (JP)
(31) **Application number of the priority** Japanese Patent Application No. 9-166851
(32) **Priority date** Taira 9 (1997) June 24
(33) **Country Declaring Priority** Japan (JP)
(71) **Applicant**
Identification Number 000005108
Name Hitachi, Ltd.
Address 4-6, Kanda Surugadai, Chiyoda-ku, Tokyo
(72) **Inventor(s)**
Name Ishibashi Masayoshi
Address 2520, Akanuma, Hatoyamamachi, Hiki-gun, Saitama-ken Inside of Hitachi Fundamental research laboratories
(72) **Inventor(s)**
Name One-story building Seiji
Address 2520, Akanuma, Hatoyamamachi, Hiki-gun, Saitama-ken Inside of Hitachi Fundamental research laboratories
(72) **Inventor(s)**
Name Hashizume Tomihiro
Address 2520, Akanuma, Hatoyamamachi, Hiki-gun, Saitama-ken Inside of Hitachi Fundamental research laboratories
(72) **Inventor(s)**
Name Wada Yasuo

Address 2520, Akanuma, Hatoyamamachi, Hiki-gun, Saitama-ken Inside of Hitachi Fundamental research laboratories

(72) **Inventor(s)**

Name Kajiyama Hiroshi

Address 2520, Akanuma, Hatoyamamachi, Hiki-gun, Saitama-ken Inside of Hitachi Fundamental research laboratories

(74) **Attorney**

Patent Attorney

Name Takahashi Akio (besides one person)

(57) **Abstract**

Technical problem Offer the drawing equipment which resolution can draw at a high speed highly.

Means for Solution Control of the distance on a probe and the front face of a substrate is performed only by the probe of an edge, and the probe used for drawing is made to follow using the integrated probe according to deformation of the cantilever by the Coulomb force by the electrical potential difference impressed to a probe.

Claim(s)

Claim 1 The electrode holder which holds two or more spring sections and the spring section of two or more of said probes holding each of two or more probes and two or more of said probes collectively, The coarse adjustment device for bringing relatively close the substrate with which this electrode holder was moved and the front face was covered in the resist layer which are said probe and a drawn object, The migration device for amending the inclination of the probe and substrate in the edge of two or more of said probes, The drive for carrying out the X-Y drive of said substrate and two or more probes on a substrate side relatively, The control unit for controlling said each device, the equipment which supplies a current to said probe, Drawing equipment equipped with the pattern input unit for giving the desired value according to the pattern of drawing to the control unit for making in agreement the desired value and the detection value of a current which are supplied to the detection means of the current supplied to said probe, and said probe, and said each control unit.

Claim 2 Drawing equipment according to claim 1 with which said two or more probes are arranged by the single tier at the predetermined spacing, it is used in order that the probe in these both ends may control distance of the probe under inclination amendment with a substrate, and drawing, and a substrate, and other probes are used for drawing.

Claim 3 Drawing equipment of claim 1 with which said two or more probes are arranged at the predetermined spacing at XY flat surface, it is used in order that the probe in these three edges may control distance of the probe under inclination amendment with a substrate, and drawing, and a substrate, and other probes are used for drawing.

Claim 4 Drawing equipment of claim 2 whose variation rate of the probe used in order to control distance of the probe under inclination amendment with a substrate and drawing and a substrate is what is detected according to a current.

Claim 5 Drawing equipment of claim 2 whose variation rate of the probe used

in order to control distance of the probe under inclination amendment with a substrate and drawing and a substrate is what is detected by the optical-lever type atomic force microscope.

Claim 6 Drawing equipment of claim 2 which is that by which the variation rate of the probe used in order to control distance of the probe under inclination amendment with a substrate and drawing and a substrate is detected by capacity change between the electrodes and cantilevers which have been arranged at the tooth back of a cantilever.

Claim 7 Drawing equipment of claim 3 whose variation rate of the probe used in order to control distance of the probe under inclination amendment with a substrate and drawing and a substrate is what is detected according to a current.

Claim 8 Drawing equipment of claim 3 whose variation rate of the probe used in order to control distance of the probe under inclination amendment with a substrate and drawing and a substrate is what is detected by the optical-lever type atomic force microscope.

Claim 9 Drawing equipment of claim 3 which is that by which the variation rate of the probe used in order to control distance of the probe under inclination amendment with a substrate and drawing and a substrate is detected by capacity change between the electrodes and cantilevers which have been arranged at the tooth back of a cantilever.

Claim 10 Drawing equipment of claim 2 made into the value from which the current of the probe used for drawing differed in the part which produces a latent image, and the part which is not created.

Claim 11 Drawing equipment of claim 3 made into the value from which the current of the probe used for drawing differed in the part which produces a latent image, and the part which is not created.

Claim 12 Two or more probes arranged by the single dimension, two or more spring sections holding each of two or more of said probes, The coarse adjustment device for bringing relatively close the substrate with which the electrode holder and this electrode holder which hold the spring section of two or more of said probes collectively were moved, and the front face was covered in the resist layer which are said probe and a drawn object, The migration device for amending the inclination of the probe and substrate in the edge of two or more of said probes, The control unit for controlling the drive for carrying out the rotation drive of said substrate to said probe, and said each device, Drawing equipment equipped with the pattern input unit for giving the desired value according to the pattern of drawing to the control unit for making in agreement the desired value and the detection value of a current which are supplied to the detection means of the equipment which supplies a current to said probe, and the current supplied to said probe, and said probe, and said each control unit.

Claim 13 Drawing equipment of claim 12 with which it is used in order that the probe in the both ends of two or more of said probes may control distance of the probe under inclination amendment with a substrate, and drawing, and a substrate, and other probes are used for drawing.

Claim 14 The electrode holder which holds two or more spring sections and the spring section of two or more of said probes holding each of two or more probes and two or more of said probes collectively, The coarse adjustment device for bringing relatively close the substrate with which this electrode holder was moved and the front face was covered in the resist layer which are said probe and a drawn object, The migration device for amending the inclination of the probe and substrate in the edge of two or more of said probes, The drive for carrying out the X-Y drive of said substrate and two or

more probes on a substrate side relatively, The control unit for controlling said each device, the equipment which supplies a current to said probe, The control unit for making in agreement the desired value and the detection value of a current which are supplied to the detection means of the current supplied to said probe, and said probe, It is drawing equipment equipped with the pattern input unit for giving the desired value according to the pattern of drawing to said each control unit. It is formed at the tip of the moving part of electric - machine inverter with which said probe is equipped with two or more electrostatic actuators formed on one substrate. While this actuator is the cascade structure by which the fixed electrode was cooperated and formed in the movable electrode of one actuator of everything but two actuators one and -- this -- the drawing equipment which is what can drive a movable electrode in the biaxial direction where one of two actuators intersects perpendicularly.

Claim 15 Drawing equipment of claim 14 with which said two or more probes are arranged by the single tier at the predetermined spacing, it is used in order that the probe in these both ends may control distance of the probe under inclination amendment with a substrate, and drawing, and a substrate, and other probes are used for drawing.

Claim 16 Drawing equipment of claim 14 with which said two or more probes are arranged at the predetermined spacing at XY flat surface, it is used in order that the probe in these three edges may control distance of the probe under inclination amendment with a substrate, and drawing, and a substrate, and other probes are used for drawing.

Claim 17 Drawing equipment of claim 15 whose variation rate of the probe used in order to control distance of the probe under inclination amendment with a substrate and drawing and a substrate is what is detected according to a current.

Claim 18 Drawing equipment of claim 16 whose variation rate of the probe used in order to control distance of the probe under inclination amendment with a substrate and drawing and a substrate is what is detected according to a current.

Claim 19 Drawing equipment of claim 14 made into the value from which the current of the probe used for drawing differed in the part which produces a latent image, and the part which is not created.

Claim 20 Drawing equipment of claim 15 made into the value from which the current of the probe used for drawing differed in the part which produces a latent image, and the part which is not created.

Claim 21 The electrode holder which holds two or more spring sections and the spring section of two or more of said probes holding each of two or more probes and two or more of said probes collectively, The coarse adjustment device for bringing relatively close the substrate with which this electrode holder was moved and the front face was covered in the resist layer which are said probe and a drawn object, The slider for holding both relative position in the form inserted between said electrode holder and the substrate with which the front face was covered in the resist layer which is a drawn object, The drive for carrying out the X-Y drive of said substrate and two or more probes on a substrate side relatively, The control unit for controlling said each device, the equipment which supplies a current to said probe, Drawing equipment equipped with the pattern input unit for giving the desired value according to the pattern of drawing to the control unit for making in agreement the desired value and the detection value of a current which are supplied to the detection means of the current supplied to said probe, and said probe, and said each control unit.

Claim 22 Drawing equipment of claim 1 used in order that the electrostatic capacity between the electrode with which said two or more probes were arranged by the single tier at the predetermined spacing, and were prepared in the both ends of the electrode holder of these probes, and the conductor part of said substrate may control distance of the probe under inclination amendment with said probe and said substrate, and drawing, and a substrate.

Claim 23 Drawing equipment of claim 1 used in order that the electrostatic capacity between the electrode with which said two or more probes were arranged at the predetermined spacing at XY flat surface, and were prepared in three edges of the electrode holder of these probes, and the conductor part of said substrate may control distance of the probe under inclination amendment with said probe and said substrate, and drawing, and a substrate.

Detailed Description of the Invention

0001

Field of the Invention This invention relates to the drawing equipment used in the ultra-fine processing technology which used the scanning probe microscope.

0002

Description of the Prior Art Pole ultra-fine processing technology is needed in connection with high integration of a semi-conductor electronic device, and the densification of an archive medium. However, at the electronic device, the minimum processing dimension is restricted to about 100nm with the wavelength and the lens ingredient of light which are used by optical lithography, and reduction of a resolution margin is expected in the recording apparatus of the laser original edition by the archive medium. As a technique replaced with this in recent years for example S.C.Minne et al., Fabrication of 0.1 μ m metal oxide semiconductor field-effect transistor Appl.Phys.Lett. -- 66 (6) 6 February 1995 pp.703-705 or Hyongsok T.Soh et al., and Fabrication of 100 nm pMOSFETs with Hybrid AFM/STM The ultra-fine processing technology using a scanning probe microscope as shown in Lithography (1997 SYMPOSIUM ON VLSI TECHNOLOGY) attracts attention. It is the approach of processing it by generally impressing an electrical potential difference between a probe and a substrate, this has high resolution and processing of atomic level is also theoretically possible for it.

0003 Furthermore, the lithography system equipped with two or more cantilevers is also proposed as indicated by U.S. Pat. No. 5,666,190.

0004

Problem(s) to be Solved by the Invention When using a scanning probe microscope for drawing equipment, it is useful to gather scan speed to coincidence using two or more probes like integration detailed equipment which was proposed by parent application of the above USP 5,666,190 or this application. However, in the case of this approach, it needed to control two, quantity of radiation and the distance between substrate-probes, to each probe, and the control system which controls all them in generalization was also required, and, on the other hand, those driving gears are not only needed, but it had become complicated equipment.

0005

Means for Solving the Problem This invention notes that the Coulomb force committed to the cantilever holding each probe or a probe draws each

probe to a substrate front-face side, or make it deform a cantilever, and it has sufficient magnitude to contact each probe on a substrate front face with the electrical potential difference impressed since a current is irradiated from a probe at a substrate in the case of drawing. That is, rough position control for deciding the distance between the substrate-probes which can irradiate a current to be a substrate to the group of a probe in early stages of drawing is performed. In this case, the edge of the group of a probe should just have the distance between suitable substrate-probes. Then, all probes can have the distance between suitable substrate-probes in the range of a certain dispersion accompanying manufacture of the group of a probe. Once drawing is started, the monitor and control of the distance between the substrate-probes of the edge of the group of said probe are performed so that this condition of having been positioned in early stages may be maintained.

0006 If it puts in another way, it will draw in this invention, being maintained so that the edge of the group of a probe may have the distance between the suitable substrate-probes at the time of drawing initiation. If it does so, according to the current which irradiates a substrate, each probe will receive Coulomb force, and will follow and displace it for detailed deformation of a substrate front face naturally. Therefore, the distance control between the substrate-probes about each probe does not carry out during drawing. Of course, the current of controlling independently for every probe which irradiates a substrate from a probe is natural.

0007

Embodiment of the Invention

Example I this example explains the example of the drawing equipment in the case of moving a substrate in the direction of a flat surface of a monotonous substrate, and drawing using drawing 1 and drawing 2 .

0008 Drawing 1 is the block diagram showing the 1st example construct of the drawing equipment of this invention. The detailed plotting-head section 1 inclines with the detailed drawing section 4, and consists of the amendment sections 5. The detailed drawing section 4 consists of electrode holders 24 which hold collectively the conductive probes 21a, 21b, 21c, and 21d and these which were connected to the conductive spring sections 22a, 22b, 22c, and 22d as a cantilever, and it. An electrode holder 24 inclines through piezo-electric elements 25 and 26, and is combined with the amendment section 5. The amendment section 5 is held at the body of drawing equipment which the opposite side of the field where piezo-electric elements 25 and 26 are combined does not illustrate. Moreover, according to the inclination amendment signal given from the drive and the exposure control section 13 which are mentioned later, the amendment section 5 gives an electrical potential difference to each of piezo-electric elements 25 and 26, and it amends the inclination of a holder 24 so that it may become parallel to the field of the resist layer 11 of the substrate 8 with which the line which connects the probes 21a and 21d of both ends is drawn. The electrical-potential-difference impression section 7 controls the electrical potential difference which gives from a drive and the exposure control section 13, and is applied to probe 21a-21d according to a **** control signal. in this case, when amending an inclination using the probes 21a and 21d of both ends, it is controlled by the case where it draws using Probes 21b and 21c to become the electrical potential difference for which was resembled, respectively and it was suitable. The current detecting element 6 feeds back the detection output to a drive and the exposure control section 13 while detecting the current irradiated by the resist layer 11 from a probe. In inclination amendment, probe 21a of both ends and the suitable electrical potential difference for 21d

are given, and the electrical potential difference given to each of piezo-electric elements 25 and 26 is controlled by a drive and the exposure control section 13 so that each current becomes equal. In drawing, the electrical potential difference applied to Probes 21b and 21c at the electrical-potential-difference impression section 7 is controlled to become a current according to the control signal corresponding to the drawing pattern given from the pattern input section 60. When it sees here about the current which flows in the resist layer 11, when the insulation of the resist layer 11 is high, it is a field emission current, and when there is conductivity, it is the so-called current. In this invention, this is made a current without distinguishing both.

0009 A drive and the exposure control section 13 give a migration signal to the migration section 12 according to the control signal given from the pattern input section 60. The migration section 12 is held at the body of drawing equipment which the whole surface does not illustrate, and is equipped with the drives 16, 17, and 18 which make a different field from it move the migration stage 15 to X, Y, and a Z direction according to said migration signal. Although stopped in this drawing for blocks 16, 17, and 18 to have shown the drive in the semantics of 3 shaft drives of X, Y, and Z, the thing of a configuration of being used by the device of arbitration, such as a stepper, can be used for this. The variation rate of the migration stage 15 is measured using the metering device of high resolutions, such as a laser interferometer, is fed back to a drive and the exposure control section 13, and is controlled to a precision. The substrate 8 is attached in the migration stage 15.

0010 The migration section 12 is preceded with drawing, and the migration stage 15 is moved until it becomes a position to the field of the resist layer 11 of a substrate 8 where probe 21a-21d is drawn by the Z-axis drive 18 according to the contiguity signal given from a drive and the exposure control section 13. The resist layer 11 of a substrate 8 and probe 21a-21d are made to approach. Under the present circumstances, the suitable electrical potential difference for probe 21a-21d is given, and it is stopped by contiguity when the detection current of one of probes reaches a predetermined value.

0011 After inclination amendment is made, the migration stage 15 is moved in respect of X-Y with the X-axis drive 16 and the Y-axis drive 17, and a pattern is drawn on the resist layer 11 of a substrate 8. While drawing the pattern, the migration section 12 is controlled by a drive and the exposure control section 13 to continue the position control of Z shaft orientations so that the probes 21a and 21d of both ends are used, the magnitude of a current is supervised and the distance between the resist layer 11 and a probe maintains a suitable value.

0012 A substrate 8 consists of the glass substrate 9, the conductive layer 10 which vapor-deposited 100nm of chromium from 20nm, and the resist layer 11 (for example, layer which applied the negative resist (RDby Hitachi Chemical Co., Ltd.2100N) which is a mixed resist of Pori (vinyl phenol) and azide) with a thickness of about 10 to 100nm. The mixed resist of novolak system phenol resin and a sensitization agent, a chemistry multiplier system resist, and the poly meta KUCHIRU acid methyl are sufficient as the resist used for the resist layer 11. A substrate 9 can use the ingredient of arbitration to process silicon / silicon, / which was doped. Since substrate 9 self is conductivity when using the silicon doped to the substrate 9, a conductive layer 10 may omit. A conductive layer 10 is grounded electrically and it is made for a current to flow in the resist layer 11 with the electrical potential difference applied to a probe. In the case of the conductive substrate 9, a substrate 9 should just be grounded directly.

0013 The perspective view in which drawing 2 (a) shows the cantilever of the drawing equipment of drawing 1 and its attaching part, and drawing 2 (b) are the top views seen from the intrados side of a cantilever. Probe 21a-22d, it prepares for the spring section 22a-22d point as a cantilever, and conductive film 23a-23d is formed in the spring section 22a-22d whole surface. These electric conduction film is connected to the electrical-potential-difference impression section 7 and the current detecting element 6 through the connector which is not illustrated. Although held probe 21a-22d and spring section 22a-22d at a holder 24, using ultra-fine processing technology, these are silicon single crystals, and are unified and created. Silicon oxide and silicon nitride are sufficient as these again. The piezo-electric elements 25 and 26 which perform migration for inclination amendment and approach are formed in the field in which the cantilever of a holder 24 is not prepared. As for the radius of curvature at the tip of a probe 21, it is suitable for the load rate of 10nm to 100nm, and the spring section 22 that 5 N/m from 0.05 N/m and resonance frequency are 50kHz(s) from 10kHz(s). About these parameters, still more detailed data are mentioned later.

0014 each -- it can be said that it can be stored in the range of dispersion 50nm or less, and is on the same line substantially although the tip location which counters the probe 21a-21d substrate 8 is based also on the precision of machining. The electric conduction film 23 is a 50nm titanium thin film from 10nm in thickness created by vacuum evaporation, and this may use a tungsten besides titanium, molybdenum, titanium carbide, tungsten carbide, carbonization molybdenum, and a conductive diamond.

0015 Next, the procedure of drawing using the drawing equipment shown in drawing 1 and drawing 2 is collected and explained. Drawing serves as a procedure of drawing as the approach to the probe of a substrate 8, and the 2nd step as the 1st step at inclination amendment of a probe, and the last.

0016 Until it impresses the suitable electrical potential difference for probe 21a-21d in the electrical-potential-difference impression section 7, it detects these currents by the current detecting element 6 and the current of one of probes serves as a predetermined value first, after attaching a substrate 8 in the migration stage 12 as stated also in advance. The migration stage 12 is moved to Z shaft orientations under control of a drive and the exposure control section 13, and a substrate 8 is made to approach a probe. Under the present circumstances, it is good also as what the electrical potential difference V impressed in the electrical-potential-difference impression section 7 between the probes 21a and 21d of both ends and a substrate 8 is changed, and detects the current I which flows then by the current detecting element 6, computes that electrostatic capacity by $I/(dV/dt)$, and estimates the distance of a probe and a substrate.

0017 Subsequently, it inclines from a drive and the exposure control section 13, a signal is given to the amendment section 5, piezo-electric elements 25 and 26 are controlled, and control which loses the inclination between the lines and substrate 8 flat surfaces to which these probes are connected is performed so that the difference of a both probes **of both ends / 21a and 21d** current may be lost. Or it is good also as what computes electrostatic capacity, estimates an inclination from distance, inclines from a drive and the exposure control section 13, gives a signal to the amendment section 5, controls piezo-electric elements 25 and 26, and amends an inclination.

0018 each -- the distance of probe 21a-21d and a substrate 8 becomes below the value set up beforehand, and after amendment of an inclination finishes, it will move to the process of drawing. this phase -- each -- 1 micrometer is suitable for the set point of the distance of probe 21a-21d and

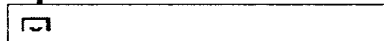
a substrate 8 from 10nm.

0019 Drawing is explained below. Drawing is performed by impressing a substrate 8 from the electrical-potential-difference impression section 7 under control of the electrical potential difference corresponding to the drawing pattern given from the pattern input section 60 between Probes 21c and 21d and a conductive layer 10 of a drive and the exposure control section 13, moving XY flat surface on the migration stage 12. By this, a current flows in probe 21c and the resist layer 11 of a 21d directly under, a resist molecule reacts, and a latent image is produced in the resist layer 11. The applied voltage of the electrical-potential-difference impression section 7 is changed by a drive and the exposure control section 13, and it is made for the current detected by the current detecting element 6 or the current which amended the charge and discharge current by the electrostatic capacity between probe-substrates to become fixed as quantity of radiation (exposure current). Although it is controllable by various forms, this is as follows if examples are enumerated.

0020 (1) When controlling Current I, output the electrical-potential-difference value expressed with (several 1).

0021

Equation 1

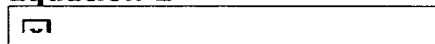


0022 Here, Gi is feedback gain and Is is a programmed current.

0023 (2) When controlling power P=IV, output the electrical-potential-difference value expressed with (several 2).

0024

Equation 2

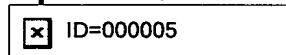


0025 Here, Gp is feedback gain and Ps is setting power.

0026 (3) If an electrical potential difference V changes when taking into consideration the electrostatic capacity C which exists between probe 21a-21d and spring section 22a-22d, and a substrate 9, the charge and discharge current expressed with (several 3) will flow.

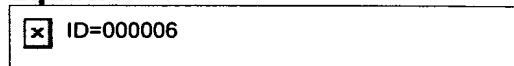
0027

Equation 3



0028 since -- the output voltage at the time of the current control expressed with (several 1) when this is taken into consideration -- **0029**

Equation 4



0030 It becomes.

0031 Moreover, the output voltage at the time of the power control expressed with (several 2) is **0032**.

Equation 5

$$V(t) = G_p \int_0^t \left\{ P_s - \left(I(t) - C \frac{dV}{dt} \right) V(t) \right\} dt \quad (5)$$

0033 It becomes.

0034 (4) The feedback control system which the current detecting element 6, a drive, and the exposure control section 13 constitute has a time constant τ further, and a high frequency component is removed. Taking a time constant τ into consideration, in order for this to work as a filter and to remove the effect of I_c correctly also to a charge and discharge current I_c , (several 4) is **0035**.

Equation 6

☐ ID=000008

0036 A next door and (several 5) are **0037**.

Equation 7

☐ ID=000009

0038 It becomes.

0039 It was made for quantity of radiation to serve as 10 nC/cm in this example, as the substrate 8 which carried out the coat of said resist RD2100N with a thickness of 100nm is moved by 0.1 mm/s and a current becomes **the electrical potential difference impressed between Probes 21c and 21d and a conductive layer 10** 100pA(s) in the -85V neighborhood.

0040 Probes 21b and 21c receive the Coulomb force committed between each probe 21b and the 21c-conductive layer 10 with the electrical potential difference impressed in order to create a latent image in the resist layer 11 during latent-image creation. According to this Coulomb force, each spring sections 22b and 22c deform, and each probe touches the resist layer 11. A latent image also has the part which is not formed according to the pattern made into creation *****. Since the current is unnecessary in the part which does not form a latent image, it is not necessary to impress an electrical potential difference to a probe in this location. However, if an electrical potential difference is set to 0V, since the Coulomb force which was acting on the probe will be lost, deformation of each spring sections 22b and 22c will be lost, and it will separate from resist layer 11 front face. When are done so and an electrical potential difference is impressed again in the location which should form a latent image, possibility that Coulomb force will act on a probe suddenly, and each spring sections 22b and 22c will deform suddenly, therefore a probe will collide with the resist layer 11 violently, and a probe will be damaged becomes high. Therefore, in case the part which does not produce a latent image is drawn, it is good to control an electrical potential difference so that a current small like a latent image is not formed flows. In this example, when applied voltage was made into less than **-70V**, the current was set to 1 or less pA, and the latent image was not formed. on the other hand, good **to consider as the electrical potential difference which passes a smaller current and which is not boiled too much** so that each spring sections 22a and 22d may not receive deformation by Coulomb force as much as possible, although it naturally comes out of the current of the location monitor by the probe of both ends to carry out below to this extent -- it divides and comes out.

0041 It is as follows if it explains briefly developing the latent image drawn by this invention.

0042 Negatives are developed by dipping in 0.83% of tetramethylammonium hydroxide solution for 1 minute. Consequently, when the resist of a negative mold is used for the resist layer 11, it can remain without dissolving only the

resist which produced the latent image, and a convex type line resist pattern with a line breadth of 100nm can be produced. When the resist of a positive type was used for the resist layer 11, only the resist which produced the latent image was able to be dissolved, and the concave line resist pattern with a line breadth of 100nm was able to be produced. It is shown that drawing 6 can produce the pattern width of face of arbitration 100nm or more by adjusting quantity of radiation since the relation between the pattern width of face in the example of this invention and quantity of radiation is shown and pattern width of face is dependent on quantity of radiation.

0043 In this invention, drawing serves as a procedure of drawing as the approach to the probe of a substrate 8, and the 2nd step as the 1st step at inclination amendment of a probe, and the last. And the probe used for drawing should perform only current control by using the probe which is in an edge among many probes for the monitor of the location under positioning and drawing, and using other probes for drawing. And when forming a latent image, and a probe deformed according to Coulomb force, this invention was able to offer useful technique in the point of having noted drawing having been possible, only by current control, even if it did not carry out strict position control. In explanation of said example, although there are few probes only four, if this increases, the merit of this invention will become large indeed. In addition, in the above-mentioned example, although a substrate 8 and the approach of a probe shall move a substrate 8 to Z shaft orientations, they can also use the piezo-electric elements 25 and 26 holding a probe of an electrode holder 24 for this approach.

0044 Example The top view and drawing 3 (b) which looked at II drawing 3 (a) from the intrados side of the cantilever which shows the cantilever of the drawing equipment of this invention and other examples of the attaching part are the side elevation. They are --- **It is the example made into the probe section 30 with much spring sections of 3jm.** 31a and 31b so that drawing 3 (a) and drawing 3 (b) may be understood as contrasted with drawing 2 (a) and drawing 2 (b). ----- 31k --- 31n, 32a --- 32m These spring sections are held at electrode holders 34a, 34b, 34c, and 34d, respectively, and each electrode holder is held with the common electrode holder 35. Although the electric conduction line of each probe represents with 33 and is shown, these shall be drawn by the connector which is not illustrated and it shall be carried out in required connection. As shown in drawing 3 (b), piezo-electric element 36a-36c corresponding to the piezo-electric elements 25 and 26 shown by drawing 2 (a) is prepared in the tooth back of the common electrode holder 35. By a diagram, piezo-electric element 36a is not visible. Piezo-electric elements 36a and 36b are used for inclination control of the direction of X of drawing using Probes 31a and 31n, and piezo-electric elements 36b and 36c are used for inclination control of the direction of Y of drawing using 31n of probes, and 3jm. Example The perspective view showing the example of the integrated probe driving gear group which can adopt III drawing 4 (a) as this invention, and its attaching part, and drawing 4 (b) are the sectional views showing the structure of the probe driving gear of the unit.

0045 Drawing 4 (a) is the conceptual diagram showing the configuration of the example which arranges many probe driving gears 420 shown in drawing 4 (b) to 2-dimensional XY, holds according to the coarse adjustment device 410, and enabled it to control the location of a probe. The probe driving gear 420 of a large number corresponding to each probe and each spring section of drawing 3 (a) and (b) is arranged at 2-dimensional XY. And the configuration which holds the group of the probe driving gear 420 according to the common

electrode holder 35 of drawing 3 (a) and (b) and the coarse adjustment device 410 corresponding to piezo-electric element 36a-36c, and enabled it to control the location of a probe is shown.

0046 If it does in this way, approach and not only inclination amendment but 2-dimensional XY drive for drawing will be attained according to the coarse adjustment device 410. Of course, naturally each function may be made to divide and pay like the above-mentioned example.

0047 Although explanation detailed about the configuration of the coarse adjustment device 410 in this example is omitted, if combination with a piezo-electric element is devised to the device by micro processing, and a pan like creation of the probe driving gear 420 shown in drawing 4 (b), it can create easily. It is reverse, It is good also as a combination of a mere electrode holder and a mere piezo-electric element as shown in drawing 2 (a).

0048 Hereafter, drawing 4 (b) explains the example of the probe driving gear 420. Drawing 4 (b) is a block diagram which indicates an example of the structure of the probe driving gear 420. The first integration electrostatic actuator 2100 and the second integration electrostatic actuator 2500 should connect in this example in the cascade. Namely, the fixed electrode 270 of the second actuator 2500 is connected to the movable electrode 210 of the first actuator 2100, and it has a probe 220 at the tip of the extension section of the movable electrode 250 of the second actuator 2500. Moreover, first integration electrostatic actuator of this example, It shall be one actuator and the drive of the direction of X and the direction of Y shall be performed. Therefore, the direction of X and the direction of Y are controlled by the first actuator 2100, and each motion of a Z direction is controlled by the second actuator 2500.

0049 The fixed electrode 211 of an actuator 2100 is formed in the point of a base 230, and the spring 240 which consists of the connection section 242 which connects this with a flat spring 241 is too formed in the point of a base 230. The movable electrode 210 of an actuator 2100 is combined with the connection section 242 of a spring 240. an actuator -- 2100 -- a fixed electrode -- 211 -- the other end -- a base -- an edge -- 232 -- connecting -- having -- here -- a flat spring -- 241 -- ' -- this -- connecting -- connection -- the section -- 242 -- ' -- becoming -- a spring -- 240 -- ' -- forming -- having . While the movable electrode 210 of an actuator 2100 is combined with the connection section of spring 240', Z driving shaft section 270 is connected. Since the driving force which acts between the fixed electrode 211 of an actuator 2100 and a movable electrode 210 sags a spring 240 and 240', respectively, Z driving shaft section 270 takes the location of the direction of X according to the driving force by the actuator 2100 (it is parallel to space and a longitudinal direction), and the direction (perpendicular to space) of Y.

0050 The integration electrostatic actuator 2500 is formed in the point of Z driving shaft section 270 in the form which makes Z driving shaft section 270 the above-mentioned base 230. namely, -- Z -- a driving shaft -- the section -- 270 -- one -- a configuration -- a frame part -- 270 -- ' -- supporting -- having had -- a fixed electrode -- 251 -- forming -- having -- the same -- a frame part -- 270 -- ' -- a fixed portion -- ** -- carrying out -- a flat spring -- 261 -- this -- connecting -- connection -- the section -- 262 -- becoming -- a spring -- 260 -- and -- a flat spring -- 261 -- ' -- this -- connecting -- connection -- the section -- 262 -- ' -- becoming -- a spring -- 260 -- ' -- forming -- having . While the probe supporter 280 with which a probe 220 is attached at a tip is combined with connection section 263' of the connection section 263 which is a spring 260, and spring 260', the movable electrode

250 of an actuator 2500 is combined with the probe supporter 280. Since the driving force which acts between the fixed electrode 251 of an actuator 2500 and a movable electrode 250 sags a spring 260 and 260', respectively, the probe supporter 280 takes the location of a Z direction (it is parallel to space and is the vertical direction). Z driving shaft section 270 has the direction of X, and the direction of Y controlled by the actuator 2100, and a probe has a Z direction controlled by this condition at this example.

0051 In the example of drawing, since it is **are / which should be impressed to wiring to each electrode, and a probe / of an electrical potential difference / wiring, and** realizable with the configuration of arbitration about these further if needed although the explanation about the necessity of an insulation was omitted in order to simplify the display of drawing, the explanation beyond this is omitted.

0052 This structure is arranged in parallel in a single dimension with semi-conductor ultra-fine processing technology on the basis of one substrate, it can arrange and integrate, moreover, the base 230 and the base edge 232 may be directly attached on one substrate used as a foundation, and the integration probe driving gear which has an integration electrostatic actuator in the form where other parts were processed by semi-conductor ultra-fine processing technology, and were separated from the substrate can be constituted from an example of this drawing 4 (b). Therefore, it is very easy to consider as the integration probe driving gear arranged in parallel and arranged on 1 chip at the single dimension.

0053 It is also easy to constitute the integration probe driving gear which carried out two or more sheet laminating of the structure of the integration probe driving gear arranged in parallel and arranged on 1 chip of this example at the single dimension, and has arranged it to two dimensions.

0054 If position control under the approach as the whole, inclination amendment, and drawing is performed, since this invention is sufficient for many probe driving gears 420, controlling the location of each probe 220 of many probe driving gears does not need them for an essential target at it. However, considering correction of partial drawing etc., it is useful that this is made.

0055 Example The example used as the drawing equipment for rotating IV, next a substrate and drawing is explained with reference to drawing 5 . Although there is nothing, a substrate 8 shall be rotated, and according to this, the place which changes to the drawing equipment and the essential target of the example which showed this example to drawing 1 brings near the detailed plotting-head section 1 by one side of a substrate 8, and arranges it. The same reference agreement showed what is common in both the examples. The drives 16, 17, and 18 with which the migration section 12 of the example shown in drawing 1 makes the rotation mechanical component 61 move the migration stage 15 to X, Y, and a Z direction on the rotation stage 65 are permuted by the revolving shaft 66, respectively. A drive and the exposure control section 13 give a rotation signal to the rotation mechanical component 61 according to the control signal given from the pattern input section 60. This rotation rotates the rotation stage 65 through a revolving shaft 66, and the information about this rotation is fed back to a drive and the exposure control section 13, and is controlled to a precision.

0056 Although this example is also preceded with drawing and contiguity actuation is performed, this actuation moves a revolving shaft 66 up according to the signal which a drive and the exposure control section 13 give to the rotation mechanical component 61 (Z-axis drive). When the rotation stage 65 is moved, contiguity is completion until it becomes a position to the

field of the resist layer 11 of the substrate 8 with which probe 21a-21d is drawn. Then, while performing inclination amendment, then rotating the rotation stage 65, a pattern is drawn on the resist layer 11 of a substrate 8. While drawing the pattern, the probes 21a and 21d of both ends are used, The rotation mechanical component 61 is controlled by a drive and the exposure control section 13 to continue the position control of Z shaft orientations so that the magnitude of a current is supervised and the distance between the resist layer 11 and a probe maintains a suitable value. Furthermore, although it is thought in this example that the actuation which compares with the example shown in drawing 1, and amends the inclination according to rotation also in under drawing by the amendment section 5 is frequently needed, it can perform without trouble by the location monitor by the probe of both ends.

0057 In this example, it compares with a substrate 8, and if the detailed plotting-head section 1 is developed after it rotates a substrate 8 360 degrees on the substrate rotation stage 65 since it is relatively small, it can produce the resist pattern of the shape of a perfect circle which can be used for the guide rail of an optical disk, for example. Moreover, if negatives are developed after rotating a substrate 8 360 degrees by substrate rotation TEJI 65, making right and left move the detailed plotting-head section 1 in the direction of the center of rotation focusing on a certain point continuing irradiating fixed quantity of radiation, a wave-like resist pattern can produce in the shape of a circle. Or when negatives are developed after fixing the detailed plotting-head section 1 and rotating a substrate 8 360 degrees on the substrate rotation stage 65, changing the quantity of radiation in which a latent image can form quantity of radiation, and the quantity of radiation which a latent image cannot form, the dot pattern which can be used for the data information of an optical disk and address information can produce in the shape of a circle. If this actuation is continued and a pattern is drawn throughout substrate 8, a probe is put in order in 0.1mm pitch, a track pitch is set to 100nm, and a pattern can be drawn for rotational speed to all fields by per hour 50 rotation in 20 hours.

0058 The original edition of an optical disk is producible by combining the approach shown above. Furthermore, a concave dot resist pattern is produced all over a disk, and if the magnetic substance, such as iron, cobalt, nickel, an iron-cobalt alloy, a cobalt nickel alloy, and an iron nickel alloy, is embedded into a dot pattern by electric-field plating by using a conductive layer 10 as an electrode, the super-high density magnetic-recording medium made into the record bit which isolated the magnetic dot is producible.

0059 Example V, next drawing 7 are the perspective views showing the example from which the cantilever shown in drawing 2 (a) and its attaching part differed.

0060 This example is an example which shall depend detection of a cantilevers of both ends / 22a and 22d variation rate on an optical-lever-type atomic force microscope. 83 and 81 are the light sources and 84 and 82 are light-receiving equipment. Since an optical-lever-type atomic force microscope does not have the need of passing a current between Probes 21a and 21d and a substrate 8, it does not have the need of applying an electrical potential difference to a probe 21. Therefore, the spring section does not deform in response to the Coulomb force by the electrical potential difference applied to Probes 21a and 21d. For this reason, when using an optical-lever-type atomic force microscope for the location monitor by the probe of both ends, the stable position control and inclination control can be realized.

0061 Example The side elevation and drawing 9 of the top view seen from

the intrados side of the cantilever which shows the example of deformation of the cantilever which shows VI drawing 8 (a) to drawing 3 (a), and its attaching part, and drawing 8 (b) are the rear view.

0062 In this example, drawing 3 (a), drawing 8 (a) and drawing 3 R> 3 (b), and drawing 8 (b) may be contrasted, and it understands -- as -- electrode-holder 34a-34d -- every train of a cantilever -- 34a' and 34a -- while dividing into two '-34d', 34d', it could have an inclination for the cantilever to the electrode holder, and ** and this sense were made the same. Furthermore, it is the example which shall depend detection of the cantilevers 31a and 31n of an edge, and the variation rate of 3jm(s) on an optical-lever-type atomic force microscope like the example of drawing 7 . 91, 93, and 95 are the light sources, and 92, 94, and 96 are light-receiving equipment. As opposed to the irregularity which the field of a resist 11 has when moving a substrate 8 in this example, since it shall have the sense of the same inclination for a cantilever, It is effective in the ability to reduce possibility that the spring section of a cantilever will act effectively and a probe will be damaged. Moreover, since detection of a variation rate was used as the optical-lever-type atomic force microscope, it is effective in the stable position control and inclination control being realizable like a previous example. In addition, some electrode holders 35 are cut for transparency of the light of the optical-lever-type atomic force microscope for detecting the variation rate of probe 3jm, and it must be made for light to pass by this example with reference to drawing 9 , so that clearly.

0063 Example The top view seen from the intrados side of the cantilever which shows other examples of deformation of the cantilever which shows VII drawing 10 (a) to drawing 3 (a), and its attaching part, and drawing 10 (b) are the side elevation.

0064 So that drawing 8 (a), drawing 10 (a) and drawing 8 (b), and drawing 10 (b) may be contrasted and it may understand in this example Contiguity and the location monitor of the probe section 30 and a substrate 8 Cantilever 31a of an edge, It is the example which replaces with detection by the optical-lever-type atomic force microscope of the variation rate of 31n and 3jm(s), forms electrodes 41, 42, and 43 in three places of the field by the side of the cantilever of an electrode holder 35, and was made to perform by capacity detection between this electrode and the conductor part of a substrate.

0065 In this example, in the phase where the substrate was set to the migration stage 15, although capacity detection cannot be performed substantially, if contiguity progresses and it approaches to some extent, since capacity detection is attained, it can complete contiguity using this. Moreover, the location monitor under drawing can also be performed now.

0066 The top view seen from the intrados side of the cantilever which shows other examples of deformation of the cantilever which shows example VIII drawing 11 (a) to drawing 3 (a), and its attaching part, and drawing 11 (b) are the side elevation.

0067 In this example, it holds directly by the sliders 51, 52, 53, and 54 which make the physical relationship of the probe section 30 and a substrate 8 intervene among both so that drawing 8 (a), drawing 11 (a) and drawing 8 (b), and drawing 10 (b) may be contrasted and it may understand. In order that these sliders may maintain the condition of having contacted the substrate 8 by the weak force, the weak spring riggings 55, 56, 57, and 58 (57 and 58 are not shown) are formed in four angles of the tooth back of an electrode holder 35.

0068 After the substrate 8 was set to the migration stage 15 in this example

In a near phase, an electrode holder 35 is pushed against a substrate 8 by the weak force., If the condition is maintained after that, it is not necessary to perform especially position control under drawing.

0069 Example IX drawing 12 (a) is the top view seen from the intrados side of the cantilever which shows other examples of deformation of the cantilever shown in drawing 3 (a) and its attaching part. drawing 12 -- (-- b --) -- a spring -- the section -- forming -- having -- **** -- a field -- a location -- a-a -- ' -- an arrow head -- a direction -- having seen -- a sectional view -- drawing 12 -- (-- c --) -- a spring -- the section -- forming -- having -- **** -- a field -- a spring -- the section -- it is -- a location -- b-b -- ' -- an arrow head -- a direction -- having seen -- a sectional view -- and -- drawing 12 -- (-- d --) -- a spring -- the section -- forming -- having -- **** -- a field -- a spring -- the section -- there is nothing -- a location -- c-c -- ' -- an arrow head -- a direction -- having seen -- a sectional view -- It is .

0070 The spring sections --- **It is the example which made 3jm the direct fixture beam probe section 30 at the common electrode holder 35.** 31a and 31b of a large number explained by drawing 3 (a) and drawing 3 (b) in this example ----- 31k --- 31n, 32a --- 32m That is, while forming these spring sections in the field which shaved the common electrode holder 35 and was made thin, it should be classified by notching so that each spring section might become independent. A probe is represented 31b, 31i, and 31s, 33 represents the outgoing line of each probe, respectively, and drawing 12 is shown. 51-54 correspond to the slider of the example VIII shown in drawing 11 at a spring rigging with weak 55-58 (57 and 58 are not shown), respectively. This example also maintains the condition of having contacted by the force in which a probe and a substrate 8 are weak, with these sliders and a weak spring rigging as well as Example VIII.

0071 In contrast with drawing 12 (c) and drawing 12 (d), in the field in which the spring section is formed, the common electrode holder 35 is shaved, is in the sheet metal condition, and cuts and lacks the common electrode holder 35 in the location which does not have the spring section in this field so that clearly. Therefore, the spring section which has sufficient spring constant can be formed, and if a current is passed to a probe, required deformation will be acquired enough.

0072 Moreover, after the substrate 8 was set to the migration stage 15 also for this example In a near phase, an electrode holder 35 is pushed against a substrate 8 by the weak force., If the condition is maintained after that, it is the same as that of Example VIII that it is not necessary to perform especially position control under drawing.

0073 The top view and drawing 13 (b) which show the example of the parameter of a cantilever for example drawing 13 (a) of the parameter of a cantilever to explain the variation rate by the Coulomb force of a cantilever are the side elevation. For that width of face, W and die length are **L and thickness t**, and die-length L' of a probe of the cantilever shown in this example is 10 thru/or an about 15-micrometer thing. Coulomb force was rough calculated with the parallel plate capacitor which consists of this example between the conductive layer 10 of drawing 1 , and a cantilever 22.

0074 First, the force F of acting between the electrode plates of an parallel plate capacitor is shown by below (several 8). However, the dielectric constant of the dielectric with which epsilon 0 exists between electrode plates, and S are **the electrical potential difference between electrode plates and d of the area of an electrode plate and V** the distance between electrode plates.

0075

Equation 8
☒ ID=000010

0076 The parameter is as follows although three samples of A-C from which a spring constant differs a cantilever were prepared now.

0077

Table 1

☒ ID=000011

0078 Here, the result calculated about the Coulomb force which sets area of the cantilever holding a probe to S, and acts on a cantilever is shown in the following table.

0079

Table 2

表 2

カンチレバーの面積 S	電極板間の 距離 d	電極板間の 電圧 V	クーロン力 F
5 0 μm × 4 5 0 μm	1 6 μm	4 0 V	6 3 0 nN

0080 Now, the result to which the above-mentioned Coulomb force calculated the deformation of the above-mentioned sample paying attention to the example of 630nN(s) is as follows.

0081

Table 3

☒ ID=000013

0082 When adding -80V on the occasion of drawing mentioned above even by the case where an electrical potential difference is 40V since the big force and deformation in this way arise so that it may understand also in this example, big deformation will arise in a cantilever, the position control of the cantilever for drawing will be meaningless, and this deformation will follow a **cantilever** stability to the heterogeneity of the thickness of the resist layer 11 conversely. Here is the important point of this invention paying its attention.

0083 Next, the top view and drawing 14 (b) which show the example of other parameters of a cantilever for drawing 14 (a) to explain the variation rate by the Coulomb force of a cantilever are the side elevation. The cantilever shown in this example is the beam of two-point support, and 0.4 micrometers and die-length L calculated 4 micrometers and thickness t for the width of face W of a point now about two examples 0.02 and 0.09, and whose die-length L' of a probe 200 micrometers and 100 micrometers, and a spring constant are about 6 micrometers. These two examples of the

structure and the configuration of a point are the same, and differ only in die-length L . Coulomb force was 610nN(s) when the electrical potential difference which set 3100 micrometers of distance d between 2 and an electrode plate to 6 micrometers for the area in the field of the cantilever of $L = 100$ micrometers and a probe, and was applied was set to 40V in this example. If this cantilever has the force of this level, it will produce deformation of about 6800nm like the cantilever of drawing 1313. Therefore, deformation can fully use also by this type of cantilever.

0084 Although the probe driving gear shown in drawing 4 (a) and drawing 4 (b) does not have a cantilever like these examples and an parallel plate capacitor is not constituted, since spring 261,261' is very soft, the Coulomb force which acts on a probe can use enough.

0085

Effect of the Invention Since according to this invention, as for the position control of the probe to a substrate, a deed is performed only at the edge of the group of a probe and, as for other probes, only control of a current should be performed as explained above, the drawing equipment which can draw at a high speed can be created easily.

0086 Moreover, since contiguity and control of an inclination do not need to be strict, they are good as easiest structure with the structure of extent shown in drawing 1010, drawing 11, or drawing 12. Moreover, although illustration is omitted, it can also be made into the thing of a type which arranges an electrode at the tooth back of a cantilever and detects the variation rate of a cantilever by capacity change between both.

Brief Description of the Drawings

Drawing 1 The block diagram showing the example construct of the drawing equipment of this invention.

Drawing 2 For (a), (b) is the perspective view showing the cantilever of the drawing equipment of drawing 1, and its attaching part, and the top view seen from the intrados side of a cantilever.

Drawing 3 For (a), the top view seen from the intrados side of the cantilever which shows the cantilever of the drawing equipment of this invention and other examples of the attaching part, and (b) are the side elevation.

Drawing 4 For (a), (b) is the perspective view showing the example of the integrated probe driving gear group employable as this invention, and its attaching part, and the sectional view showing the structure of the probe driving gear of the unit.

Drawing 5 The block diagram showing other example constructs of the drawing equipment of this invention.

Drawing 6 Drawing showing an example of the relation of the quantity of radiation of a current and the line breadth of a substrate which were irradiated from the probe in the drawing equipment of this invention.

Drawing 7 The perspective view showing the example from which the cantilever shown in drawing 2 (a) and its attaching part differed.

Drawing 8 For (a), the top view seen from the intrados side of the cantilever which shows the example of deformation of the cantilever shown in drawing 3 (a) and its attaching part, and (b) are the side elevation.

Drawing 9 The cantilever shown in drawing 8, and rear view of the example of the attaching part.

Drawing 10 For (a), the top view seen from the intrados side of the cantilever which shows the example of others' deformation of the cantilever

shown in drawing 3 (a) and its attaching part, and (b) are the side elevation.

Drawing 11 For (a), the top view seen from the intrados side of the cantilever which shows the example of others' deformation of the cantilever shown in drawing 3 (a) and its attaching part, and (b) are the side elevation.

Drawing 12 The top view seen from the intrados side of the cantilever which shows the example of others' deformation of the cantilever shown in drawing 3 (a) and its attaching part, and (b) (a) The sectional view seen in the direction of an arrow head by location a-a' of the field in which the spring section is not formed, and (c) a spring -- the section -- forming -- having -- **** -- a field -- a spring -- the section -- it is -- a location -- b-b -- ' -- an arrow head -- a direction -- having seen -- a sectional view -- and -- (-- d --) -- a spring -- the section -- forming -- having -- **** -- a field -- a spring -- the section -- there is nothing -- a location -- c-c -- ' -- an arrow head -- a direction -- having seen -- a sectional view .

Drawing 13 For (a), the top view showing the example of the parameter of the cantilever for explaining the variation rate by the Coulomb force of a cantilever and (b) are the side elevation.

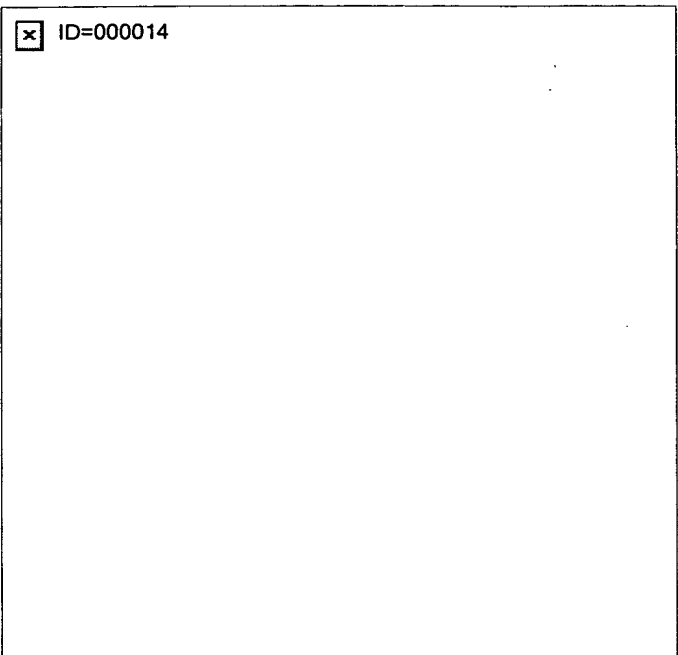
Drawing 14 For (a), the top view showing the example of other parameters of the cantilever for explaining the variation rate by the Coulomb force of a cantilever and (b) are the side elevation.

Description of Notations

1 -- **Current detecting element**, -- The detailed plotting-head section, 4 -- The detailed drawing section, 5 -- The inclination amendment section, 6 7 -- **Conductive layers 10 and 11 / -- Resist layer**, -- The electrical-potential-difference impression section, 8 -- A substrate, 9 -- A glass substrate, 10 12 -- **X-axis drive**, -- The migration section, 13 -- A drive and an exposure control section, 15 -- Migration stages 15 and 16 17 -- **The conductive spring section, 23a-23d / -- The conductive film, 24 / -- 25 An electrode holder, 26 / -- A piezo-electric element, 30 / -- The detailed drawing section, 31a, 31b** -- A Y-axis drive, 18 -- A Z-axis drive, 21a, 21b, 21c, 21d -- A conductive probe, 22a, 22b, 22c, 22d ----- 31k -- **The spring section, 33 / -- The electric conduction line of a probe**, --- 31n, 32a --- 32m --- 3jm 34a, 34b, 34c, and 34d -- An electrode holder, 35 -- Common electrode holder, 36a-36c -- A piezo-electric element, 41, 42 and 43 -- An electrode, 51, 52, 53 and 54 -- Slider, 55, 56, 57, and 58 -- A weak spring rigging, 60 -- Pattern input section, 61 -- **Light source**, -- A rotation mechanical component, 65 -- A rotation stage, 66 -- 83 A revolving shaft, 81 82 84 -- **A probe, 410 / -- A coarse adjustment device, 420 / -- A probe driving gear, 2100 / -- The first integration electrostatic actuator, 2500 / -- Second integration electrostatic actuator**. -- Light-receiving equipment, 91, 93 and 95 -- The light source, 92, 94 and 96 -- Light-receiving equipment, 220

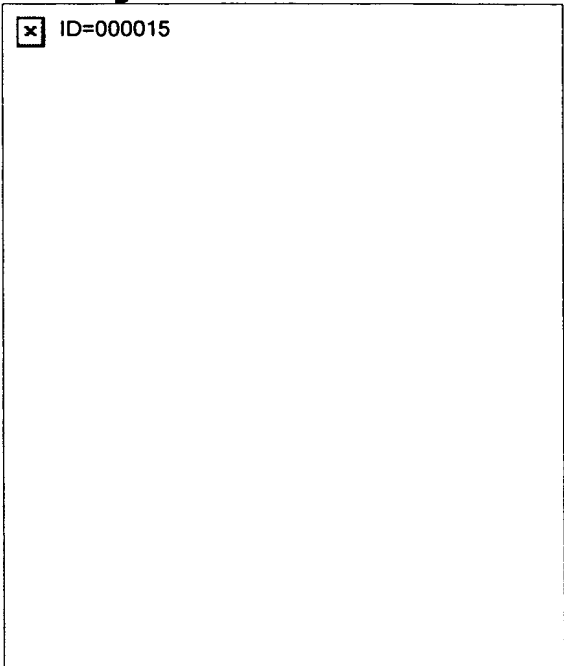
Drawing 1

☒ ID=000014


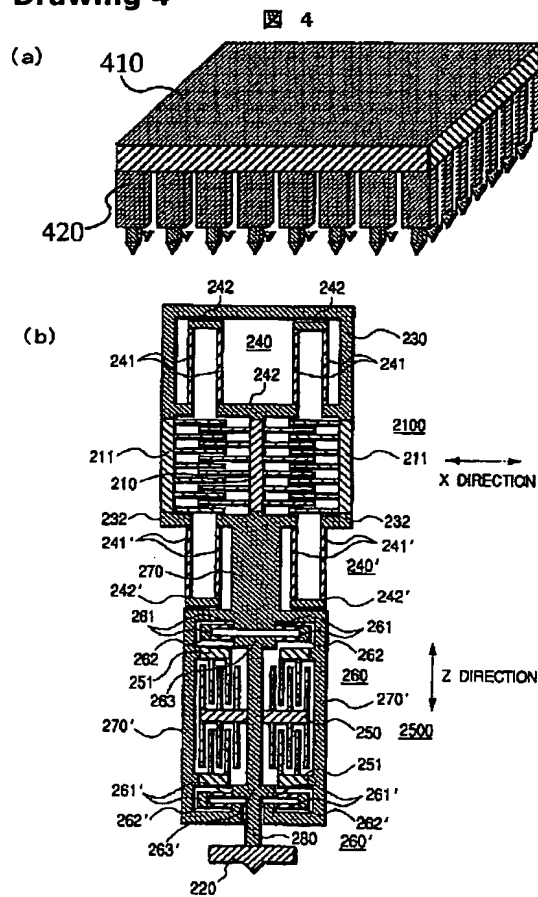


Drawing 2

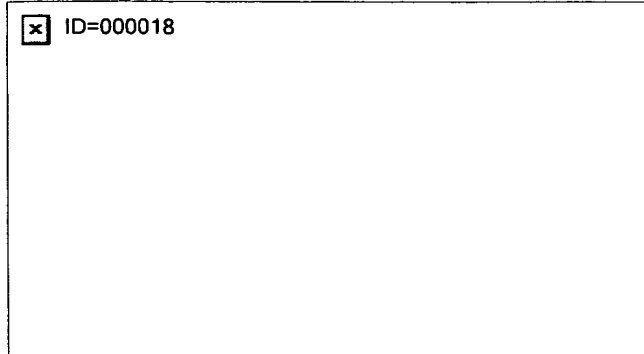
☒ ID=000015



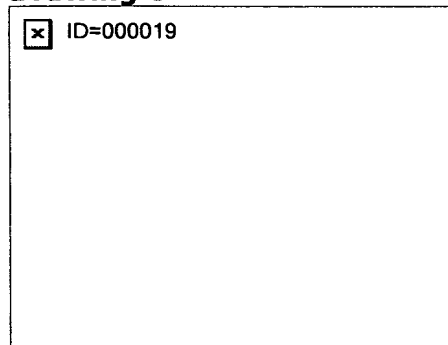
Drawing 3

 ID=000016**Drawing 4**

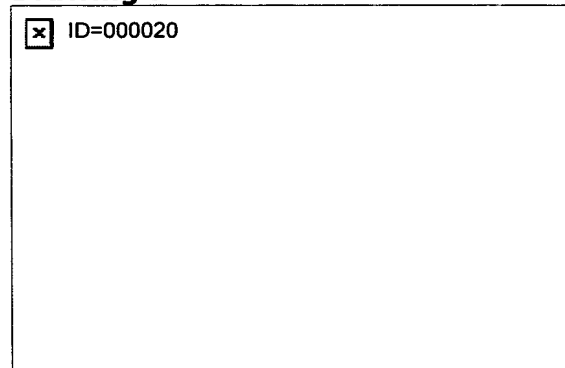
Drawing 5



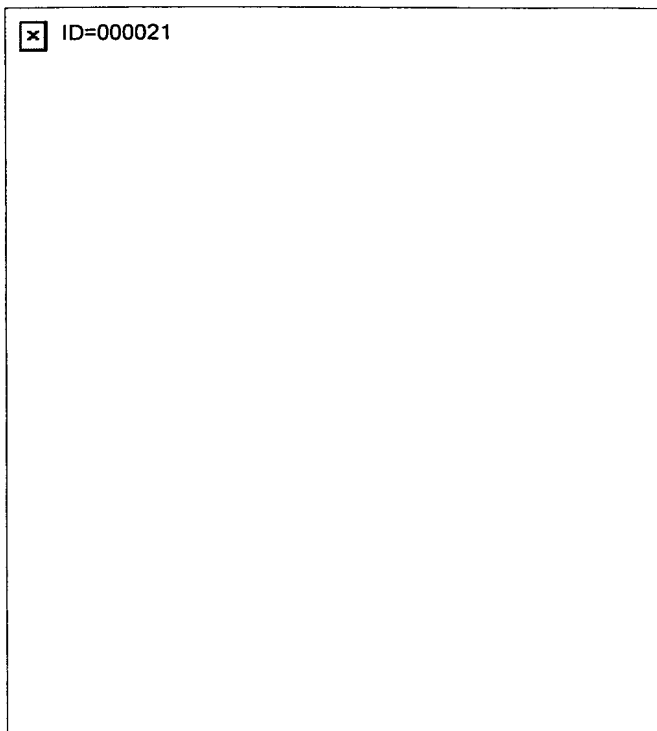
Drawing 6



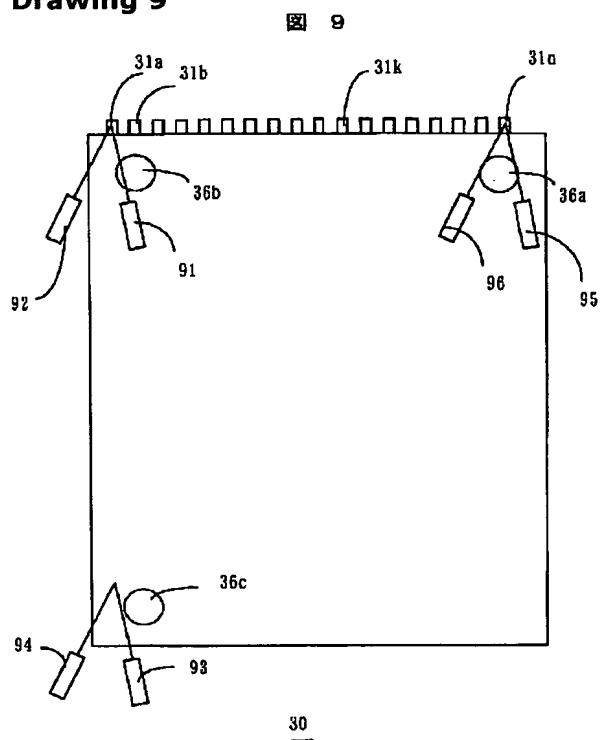
Drawing 7



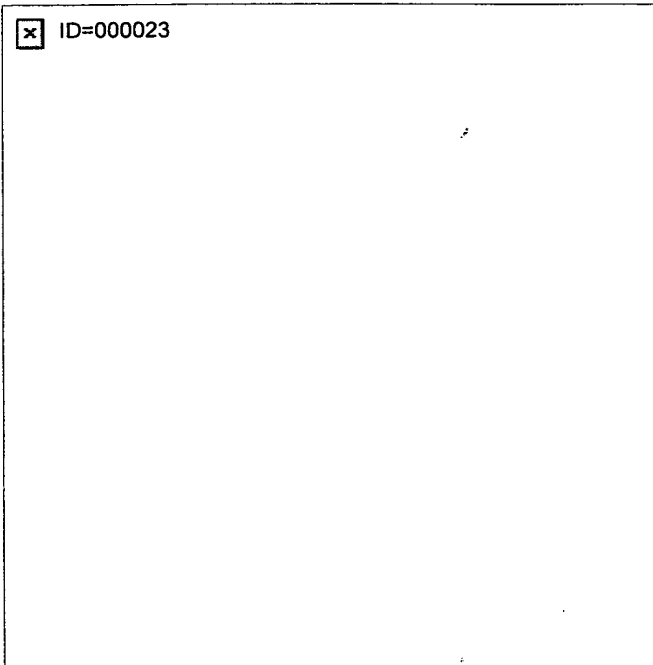
Drawing 8



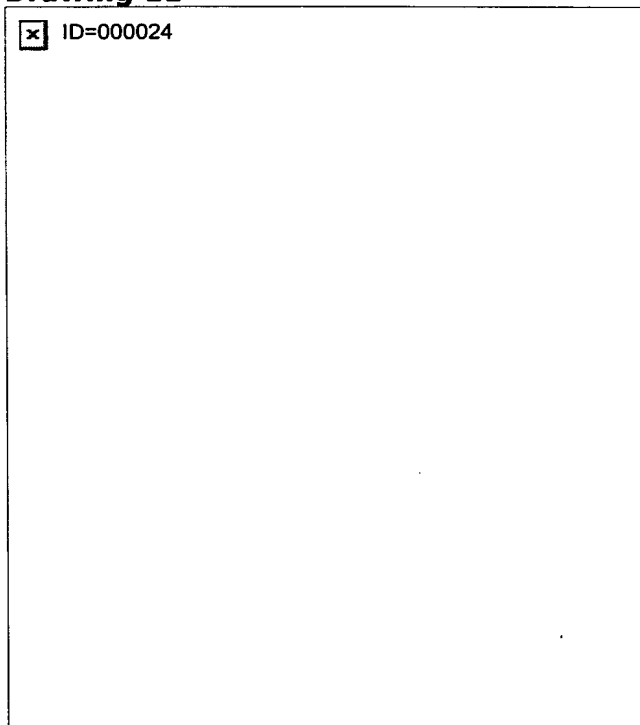
Drawing 9



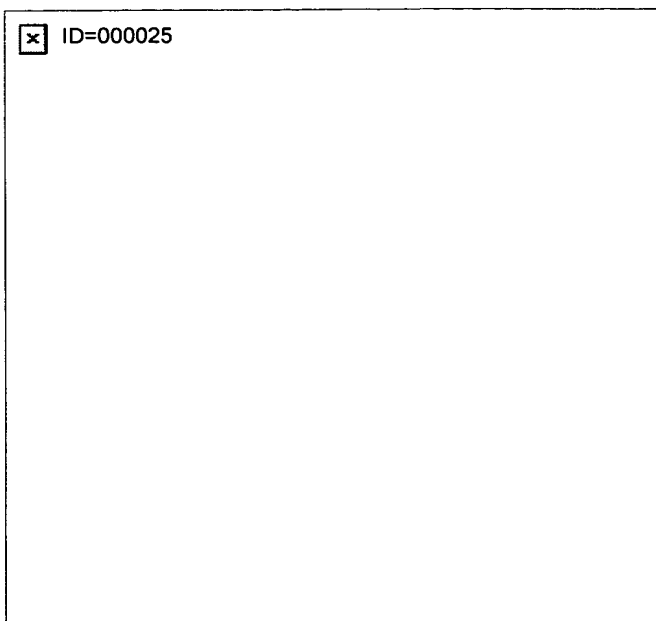
Drawing 10



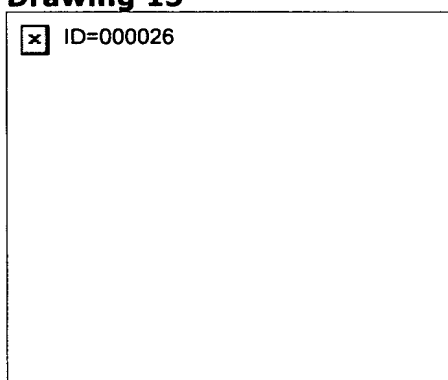
Drawing 11



Drawing 12



Drawing 13



Drawing 14

